

Original document

ELECTROSTATIC CAPACITIVE SENSING SYSTEM AND ITS METHOD

Publication number: JP2004061502 (A)

Publication date: 2004-02-26

Inventor(s): CASEBOLT MARK W; RENSBERGER GARY S;
BATHICHE STEVEN N; ALBULET MIHAI ±

Applicant(s): MICROSOFT CORP ±

Classification:


- international: G01V3/08; G06F1/32; G06F3/033; G01V3/08; G06F1/32;
G06F3/033; (IPC1-7): G01V3/08; G06F3/033


- European: G06F1/32P; G06F3/033P1


Application number: JP20030168418 20030612


Priority number (s): US20020202867 20020726


Also published as:

 JP4355173 (B2)

 US2004019810 (A1)

 US6954867 (B2)

 US2005240785 (A1)

 US7124312 (B2)

 EP1406149 (A2)

 EP1406149 (A3)

[<< less](#)

[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

Abstract of **JP 2004061502 (A)**

[Translate this text](#)



PROBLEM TO BE SOLVED: To mitigate a time and energy necessary for normally detecting that human hands brought into contact with or approaching a data input device (mouse) exist. ; **SOLUTION:** Electrostatic capacitive sensing is carried out by detecting a relative change in the capacity of a scoop capacitor formed by a conductor and the ground plane of a periphery. Charge is moved between the scoop capacitor and a bucket capacitor, and a voltage of the bucket capacitor is applied on an input threshold switch. State transition of the input threshold switch is detected, and a touch value (Touch Val) indicating the number of cycles of charge movement necessary for inducing the state transition is determined. The presence of an object brought into contact with or approaching the device is found by comparing the touch value with a prescribed threshold (Touch Off). At first, the bucket capacitor is charged up to a repeatable non-zero reference level to approach a charge level inducing the state transition. ; **COPYRIGHT:** (C)2004,JPO

The EPO does not accept any responsibility for the accuracy of data and information originating from other authorities than the EPO; in particular, the EPO does not guarantee that they are complete, up-to-date or fit for specific purposes. Description not available for **JP 2004061502 (A)**

Description of corresponding document: **US 2004019810 (A1)**
FIELD OF THE INVENTION

[Translate this text](#)

[0001] The present invention relates to sensing systems and methods that may be advantageously used in managing power consumption in electronic devices, particularly hand operated data input devices, and for other purposes. More specifically, the invention relates to sensing systems and methods that may be used to conserve battery power in wireless data input devices having components that consume

power at a relatively high rate.

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0002] Power management in electronic devices is becoming increasingly important as greater reliance is placed on battery power, e.g., for portable computers, personal data assistants (PDAs), tablet computers, cellular phones, pagers, and wireless computer peripherals. The components of such devices are becoming increasingly power hungry, and the demand for longer intervals between battery replacement or recharging has increased. Such devices are often turned on for ready usability but left idle for significant periods of time. This presents an opportunity to reduce depletion of battery power through the use of reduced power modes.

[0003] Recently, wireless peripheral devices intended for use with a host computer have been introduced. In particular, cursor control (pointing) devices such as a computer mouse and trackball device have been made wireless by inclusion of a battery power source within the device and the provision of a wireless data link, e.g., an infrared or RF transmitter/receiver pair. Without effective power management, continuous operation of such wireless peripherals will rapidly deplete the limited battery power of the device, thus requiring frequent battery replacement or recharging.

[0004] In another line of technological development, cursor control devices utilizing optical surface tracking systems have been introduced and are increasingly being used in lieu of devices relying on conventional opto-electric encoder wheel arrangements. Optical tracking can provide more reliable and accurate tracking by eliminating moving parts (e.g., a ball and associated encoder wheels), which are prone to malfunction from the pick-up of dirt, oils, etc. from the tracked support surface and/or a user's hand. On the other hand, optical tracking requires considerably more power for driving the circuitry used to illuminate a trackable surface and to receive and process light (image information) reflected from the trackable surface. Exemplary optical tracking systems, and associated signal processing techniques, are disclosed in commonly owned U.S. Pat. No. 6,172,354 (Adan et al.) and pending application Ser. No. 09/692,120, filed Oct. 19, 2000, and Ser. No. 09/273,899, filed Mar. 22, 1999, each of which is hereby incorporated by reference in its entirety.

[0005] Heretofore, limited use of optical tracking systems has been made in wireless cursor control devices, due to the relatively large power requirements of both the optical tracking system and the wireless data transmitter. In one recent offering, the Logitech Cordless Mouseman(R) Optical, multiple sleep and awake modes are utilized to increase battery life. Switching from a full run mode through a succession of reduced power modes is carried out based upon durations of user inactivity. Whenever the user moves the mouse or clicks a mouse button, the mouse returns to the full run mode.

[0006] Various types of user proximity detectors are known, and used in power management systems and myriad other applications. For example, Tournai U.S. Pat. No. 5,408,668 describes a processor based control system for connecting and disconnecting a computer peripheral device (e.g., a display monitor or printer) to a power source. The control is based upon input activity signals received from an input source such as a keyboard, mouse, printer or an occupancy sensor.

[0007] Mese et al. U.S. Pat. No. 5,396,443 describes power saving control arrangements for information processing apparatus. More specifically, the Mese et al. '443 patent describes various systems for (1) detecting the approach (or contact) of a user associated medium to (or with) the apparatus; (2) placing a controlled object of the apparatus in a non-power saving state when such contact or approach is detected; and (3) placing the controlled object in a power saving state when the presence of the user associated medium (i.e., a stylus pen or part of a user's body) is not detected for a predetermined period of time.

[0008] The '443 patent describes various types of approach/contact sensors. Among these, various "tablet" type sensor systems are described, including electromagnetic, capacitance, and electrostatic coupling tablets. In one embodiment, a contact or approach detecting tablet, and a flat display panel, may be integrally formed with a housing of the information processing apparatus.

[0009] Philipp U.S. Pat. No. 5,730,165 describes a capacitive field detector used to provide on-off control of a water fountain or wash basin faucet, based upon a detected approach or presence of a user.

[0010] In one embodiment of the Philipp '165 patent, a voltage-limited current source feeds a charging current to a plate. At the end of a charging interval, a discharge switch controlled by a microprocessor closes briefly to discharge the sensing plate into a charge detector, e.g., a charge detecting capacitor. The amount of charge so transferred is representative of the capacitance of the sensing plate. The charge-discharge process can be repeated numerous times, in which case the charge measurement means aggregates the charge from the plate over several operating cycles. After a predetermined number of cycles of charge and discharge, the charge detector is examined for total final charge, by an A/D converter, and as a result the controller may generate an output control signal on an output line, which may be used to cause a faucet to open. After each reading, the controller resets the charge detector to allow it to accumulate a fresh set of charges from the plate. Alternatively, the controller can take a reading after each individual cycle of the discharging switch, and then integrate (or otherwise filter) the readings over a number of cycles prior to making a logical decision resulting in a control output.

[0011] Sellers U.S. Pat. No. 5,669,004 describes a system for reducing power usage in a personal computer. More specifically, a power control circuit is disclosed for powering down portions of a personal computer in response to user inactivity, and for delivering full power to these portions once user activity is detected via one or more sensors. The components to which power is reduced (or removed) are components, which can respond almost immediately to being turned on. On the other hand, components which require a period of time to come up to full operation (e.g., disk drive motors, monitor, main processor) are driven to full power. In the primary embodiment that is disclosed, the sensor is a piezoelectric sensor fitted into a keyboard. Sellers discloses that sensors may be positioned at other locations on the computer (a monitor, mouse, trackball, touch pad or touch screen) and that various other kinds of sensors (capacity, stress, temperature, light) could be used instead of piezoelectric sensors.

[0012] Commonly owned copending U.S. patent application Ser. No. 09/948,099 (hereby incorporated by reference), filed Sep. 7, 2001 and published under No. 20020035701 on Mar. 21, 2002, discloses capacitive sensing and data input device power management systems and methods. In the disclosed embodiments, capacitive proximity sensing is carried out by detecting a relative change in the capacitance of a "scoop" capacitor formed by a conductor and surrounding ground plane. The conductor may be a plate provided in the form of an adhesive label printed with conductive ink. Charge is transferred between the scoop capacitor and a relatively large "bucket capacitor," and a voltage of the bucket capacitor is applied to an input threshold switch. A state transition from low to high (or high to low) of the input threshold is detected, and a value indicative of the number of cycles of charge transfer required to reach the state transition is determined. The presence or absence of an object or body portion in close proximity to or in contact with a device can be determined by comparing the value with a predetermined threshold. The predetermined threshold can be adjusted to take into account environmentally induced changes in capacitance of the scoop capacitor.

[0013] With the above system implemented, e.g., in a wireless optical mouse or handheld digitizing pen, a change in environmental capacitance caused by the proximity of a user's hand is detected so that power can be saved by turning "off" the high current optical (or other type of) tracking system when the mouse/pen is not in use. The determination of this condition requires periodic sequences of microprocessor operation, causing increased current draw during the detection interval. This interval remains relatively long, because each time the touch system is operated a count is generated as the "bucket" capacitor is charged from 0 Volts up to the arbitrary threshold determined by the internal comparator.

[0014] The typical mouse user wants no sign of lag or delay in mouse response. Users are generally sensitive to motion down to approximately 0.01 ips and can move a mouse up to approximately 25 ips. Optical tracking affords a level of responsiveness commensurate with user sensitivities. When capacitive sensing techniques, e.g., as described in application Ser. No. 09/948,099, are used to detect operator interaction, however, aggressive users, e.g., gamers utilizing a mouse or other gaming peripheral (e.g., a gamepad), may move fast enough to notice a lack of responsiveness, due to the interval delay required to successfully detect a hand actuation. Sampling at a higher rate can alleviate perceived deficiencies in

responsiveness, but increased sampling adversely affects battery life.

[0015] The use of battery power for optical tracking in computer mice and other data input devices presents a significant challenge from a power management perspective. Known optical tracking engines requires substantial current from the limited battery source. Additionally, the time and energy that it takes to detect hand presence limit the periodicity (frequency) with which detection sampling might take place. A faster, more power efficient, detection system would advantageously allow increased periodicity of the sampling and thus a more responsive detection of hand presence, and/or increased battery life.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0016] In view of the foregoing, the present invention has as an object to reduce the time and energy required to successfully detect the presence of a human hand or other instrumentality in contact or close proximity with a data input device, e.g., a computer mouse, while improving the reliability of the detection. The capacitive sensing systems and methods of the invention may be advantageously utilized to provide effective power management in user operated data input devices. The invention is not limited to power management, however, and can be implemented in essentially any application (data input devices or otherwise) where there is a desire to reliably and efficiently sense the presence (or absence) of an object or body portion in contact with or close proximity to another object. Particularly advantageous use may be made of the inventive capacitive sensing together with power management systems and methods as described in copending commonly owned U.S. application Ser. No. 09/948,099, to substantially increase battery life in a wireless cursor control device (e.g., computer mouse or trackball device) or other user operated data input device, e.g., a wireless gaming peripheral such as a gamepad, or a handheld digitizing pen, especially one including circuit components (e.g., an optical tracking system and/or RF transmitter) that draw relatively large amounts of electrical power.

[0017] In accordance with the present invention, the system and method disclosed in U.S. application Ser. No. 09/948,099 may be modified such that an arbitrary but repeatable non-zero offset charge level of the bucket capacitor is set at the initiation of a detection sequence. Such an offset charge induced into the bucket capacitor allows the count range to be reduced by an amount proportional to the offset charge. For example, an offset charge causing the sample period to be reduced by half would allow determination of a hand presence twice as often, doubling responsiveness of the system to operator actuation. Similarly, an offset which reduces the sample period to one fourth would not only allow the responsiveness to improve by 2:1 but also a reduction by one half of the power required to carry out detection in a suspend state of the mouse. Utilizing the present invention, an offset charge and interval rate may be chosen to optimize both of these parameters.

[0018] In one embodiment of the invention, a resistor may be wired to an unused or multifunction port pin of a control microprocessor, which allows the microprocessor to inject current into the bucket capacitor prior to the sampling interval. Charge injection is a function of the applied voltage duration (time), the resistor value, and the bucket capacitor value. In accordance with the invention, the precharge is made repeatable and falls below a range of normal operation for the sample interval. Each sample interval then would accumulate to, e.g., 20 or 30 counts, instead of 100-110 counts.

[0019] In a first aspect, the invention is embodied in a capacitive sensing system for sensing the presence of an object or body portion in contact with or close proximity to another object. A first conductor is capacitively coupled to a ground to thereby form a scoop capacitor having a capacitance which varies in relation to the proximity of the object or body portion to the conductor. A pair of second and third conductors form a bucket capacitor having a capacitance which is larger than a maximum capacitance of the scoop capacitor, and an input threshold switch is provided. Charge setting means are provided for setting a charge of the bucket capacitor at a repeatable non-zero reference level. Switching means are provided for selectively: connecting at least one of the scoop capacitor and bucket capacitor to a voltage source to charge the at least one capacitor, connecting the charge setting means to the bucket capacitor to set the charge of the bucket capacitor to the repeatable non-zero reference level, varying the charge of the bucket capacitor from the reference level set by the charge setting means, in

relation to a relative size of the scoop capacitor, and applying a voltage of the bucket capacitor to the input threshold switch. A detector means is provided for detecting an input state of the input threshold switch. Determining means determine a value (TouchVal) relating to a number of cycles of varying of the bucket capacitor charge corresponding to a detection of a transition of the input threshold switch by the detector means. Signal generating means generate, based upon TouchVal, a signal indicative of an ON state wherein the object or body portion is in contact with or close proximity to another object, and an OFF state wherein the object or body portion is not in contact with or close proximity to another object.

[0020] In a second aspect, the invention is embodied in a method for sensing the presence of an object or body portion in contact with or close proximity to another object. The method is carried out with a first conductor capacitively coupled to a ground to thereby form a scoop capacitor having a capacitance which varies in relation to the proximity of the object or body portion to the conductor. A pair of second and third conductors are provided, which form a bucket capacitor having a capacitance which is larger than a maximum capacitance of the scoop capacitor; an input threshold switch is also provided. Switching is performed to selectively: connect at least one of the scoop capacitor and the bucket capacitor to a voltage source to charge the at least one capacitor, set a charge of the bucket capacitor at a repeatable non-zero reference level, vary the charge of the bucket capacitor from the reference level, in relation to a relative size of the scoop capacitor, and apply a voltage of the bucket capacitor to the input threshold switch. An input state of the input threshold switch is detected. A value (TouchVal) is determined, which relates to a number of cycles of varying the bucket capacitor charge corresponding to a detection of a transition of the input threshold switch. Based upon TouchVal, a signal is generated which is indicative of an ON state wherein the object or body portion is in contact with or close proximity to another object, and an OFF state wherein the object or body portion is not in contact with or close proximity to the object.

[0021] The above and other objects, features and advantages of the present invention will be readily apparent and fully understood from the following detailed description of preferred embodiments, taken in connection with the appended drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0022] FIG. 1 is a block diagram of an electrical circuit of a wireless, optical surface tracking mouse that may employ a capacitive sensing system in accordance with the present invention.

[0023] FIG. 2 is a functional block diagram of a host computer and associated cursor control device to which the present inventive systems may be applied.

[0024] FIG. 3 is a schematic depiction of an exemplary optically tracking computer mouse, to which the present inventive capacitive sensing system may be applied.

[0025] FIG. 4 is a diagrammatic illustration of a wireless mouse to which the present inventive capacitive sensing system may be applied, linked to a host computer by an RF transmitter/receiver pair.

[0026] FIG. 5 is a circuit schematic of a capacitive proximity sensing system in accordance with the present invention.

[0027] FIG. 6 is a state machine diagram illustrating exemplary logic flow and control in accordance with the invention, for carrying out capacitive sensing with circuitry as illustrated in FIG. 5.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0028] The present inventive systems and methods are described herein in terms of an exemplary application thereof within a computer input device, particularly a wireless, optically tracking computer mouse. It will be understood, however, that the inventions have much wider-ranging potential application. The capacitive sensing of the present invention is not limited to power management, but rather can be implemented in virtually any device (data input device or otherwise) where it is desired to determine the presence or non-presence of an object or body portion in contact with or close proximity

to another object. This includes many applications where various other types of proximity sensors have been used, e.g., water valve actuation in toilets, faucets and drinking fountains, automatic door control systems, alarm systems, security lock systems and safety interlock systems (e.g., for industrial equipment), etc.

[0029] It will be understood that the phrase "contact with or close proximity to another object" as used herein encompasses contact or close proximity with a localized object portion as well as an object in toto, and the use of multiple sensors in conjunction with each other. Thus, e.g., the inventive capacitive sensing system and method may be implemented with plural sensors for position determination purposes and/or for carrying out position dependent data input, interface or other functionalities. Such functionalities, may include, e.g., touch pad and touch strip functionalities, as well as various computer/user interface functionalities, such as are disclosed, e.g., in co-owned copending application Ser. No. 09/804,496, filed Mar. 9, 2001 (and its parent applications).

[0030] The power management aspects of the present invention may find useful application in various types of user operated data input devices-portable and non-portable, wireless and wired, self-contained and peripheral, e.g., to a host computer. The invention finds particularly useful application (but is not limited to) battery powered devices which are intermittently used and generally left on over extended periods of time so as to provide ready usability when demand so requires. Such devices include (but are not limited to) portable computers, personal data assistants (PDAs), tablet computers, cellular phones, pagers and wireless computer and gaming peripherals, e.g., mice, keyboards, gamepads and handheld digitizing pens.

[0031] The block diagram of FIG. 1 shows the circuitry of an exemplary computer mouse that may incorporate a sensing system in accordance with the present invention. The mouse is a wireless mouse employing an optical surface tracking system. Control logic may be implemented in firmware within a control integrated circuit (IC) 1, e.g., a Sunplus SPMCO2A microprocessor ([mu]P), available from Sunplus Technology Company, Ltd. of Hsinchu, Taiwan, or an application specific integrated circuit (ASIC). In addition to managing the power supplied to the system (e.g., by 2 AA batteries 3), [mu]P 1 performs signal processing and output functions of the mouse, and controls the wireless transmission of data packets to a host computer via an RF transmitter 5.

[0032] An optical controller IC 7 forms part of an optical tracking engine, controlling illumination of a LED light source 9 which is used to illuminate a trackable surface (e.g., a desktop). IC 7 also processes signals received from an image detector 10 (which may be included as part of IC 7) that receives light reflected from the trackable surface. The images are processed by IC 7 using spatial correlation to determine relative displacement values, in pixel or sub-pixel intervals. A stream of relative displacement values are communicated by IC 7 to [mu]P 1 for further processing of the signals into data packets used by the host computer to control the movement of a displayed mouse cursor. [mu]P 1 controls an RF transmission section 5 of the mouse to transmit the data packets to the host computer.

[0033] FIG. 2 is a functional block diagram of a computer 11 used with an exemplary mouse 13 to which the present invention may be applied. Mouse 13 illustratively has right and left buttons 15, 17 and a depressible, rotatable scroll wheel 19 located therebetween. Obviously, mouse 13 may have more actuators (such as thumb actuation buttons or more finger actuation buttons), fewer actuators (such as only a single button or two buttons) or different types of actuators (such as triggers, rollers, etc.). Mouse 13 may instead be another type of cursor control (pointing) device, such as a trackball device. Computer 11 has firmware and/or software providing a mouse driver 21, an operating system 23, a message hook procedure 25, and a focus application 27. To better understand the operation of input device 13 in computer system 11, the components of that system are discussed in connection with a mouse packet data structure as illustrated in FIG. 3. Of course, it will be appreciated that re-arrangements of the data portions within the data structure or different data portions can be used. For example, where different actuators are used, the data structure will change accordingly.

[0034] To initiate a mouse message, the user first manipulates mouse 13. Based on this manipulation, mouse 13 generates a mouse packet that is passed to serial interface 75 and which is indicative of the manipulation event. When serial interface 75 receives mouse packet, it converts the serial information in

the mouse packet into a set of parallel packets and provides the parallel packets to mouse driver 21. Mouse driver 21 creates a mouse message based on the manipulation event in a conventional manner. [0035] The mouse message is then transmitted to operating system 23. Operating system 23 may be a Microsoft "WINDOWS" operating system, e.g., "WINDOWS NT(R)," "WINDOWS 95(R)," "WINDOWS 98(R)" "WINDOWS 2000(R)", or "WINDOWS XP(R)". Of course, other operating systems can be used as well, such as OS/2 from IBM Corporation, or UNIX, LINUX, or Apple operating systems, as well as myriad embedded application operating systems, such as are available from Wind River, Inc. Operating system 23 includes a mouse message hook list that identifies a series of mouse message hook procedures 25. When operating system 23 receives the mouse message from mouse driver 21, it examines the mouse message hook list to determine if any mouse message hook procedures have registered themselves with operating system 23. If at least one mouse message hook procedure has registered itself with operating system 23, operating system 23 passes the mouse message to the registered mouse message hook procedure 25 that appears first on the list. [0036] The called mouse message hook executes and returns a value to operating system 23 that instructs the operating system to pass the mouse message to the next registered mouse message hook. [0037] The mouse message may, for example, represent a command to an application which "owns" the window currently under focus in computer 11. In that instance, the message hook procedure 25 issues the command to the focus window application 27. In response, the focus window application 27 performs the desired function. [0038] After the message hook procedure 25 issues the command to the focus application 27, the message hook procedure 25 consumes the mouse message by removing the message from the message chain. This is accomplished by returning a value to operating system 23 which indicates to the operating system that it should not pass the mouse message to any other message hook procedures. [0039] FIG. 4 is a more detailed diagram, in partial block form and partial schematic form, illustrating an optical surface tracking mouse 77 to which the present inventive systems may be applied. Mouse 77 includes a housing 79, an electromagnetic radiation source (which may be a light source such as an LED) 81, an aperture 83 defined in the bottom of housing 79, a first optical coupler 85, a second optical coupler 87, an image or pattern detector 89, a controller 91, and a current driver 93. In FIG. 4, optical mouse 77 is shown supported relative to a work surface 92. Pattern or image detector 89 can be any suitable detector which is capable of detecting images or patterns from information carried by electromagnetic radiation impinging thereon and providing a signal indicative of such patterns or images. Pattern detector 89 may be an artificial retina pattern detector, for example, as described in greater detail below. [0040] As mentioned, light source 81 can be any suitable source of electromagnetic radiation which can be used to provide radiation for impingement on a pattern or image and which can then be detected by pattern detector 89. In one illustrative embodiment, light source 81 includes an LED 95 and an integral lens 97. Source 81 could also be a surface mounted LED, or a low grade laser (with a wavelength in the nanometer range), for example. [0041] Radiation emitted from LED 95 is transmitted through integral lens 97 (which is illustratively a dome shaped clear optical piece of material such as glass or plastic integral with the casing of LED 95) such that it impinges on optical coupler 85. As is described in greater detail below, optical coupler 85 collects radiation emitted by LED 95 and shapes it. The radiation exits optical coupler 85, passes through housing aperture 83 and impinges upon work surface 92. Work surface 92 may be an ordinary planar work surface, e.g., desktop, having no predetermined pattern or texture thereon, or it may be a surface provided with a predetermined pattern, texture or image. The light reflects off of work surface 92 toward optical coupler 87. Optical coupler 87 illustratively includes a lens which collects the radiation reflected from surface 92 and directs it to, and focuses it on, image detector (e.g., artificial retina) 89. [0042] Image detector 89 generates an image signal indicative of an image or pattern on work surface 92, based on the radiation reflected from work surface 92. The image signal is provided to controller 91 which computes position information based on the image signal. The position information indicates

movement of mouse 77 relative to work surface 92, e.g., in a manner such as is described in the above-identified (and incorporated by reference) patents and patent applications. Position information is provided by controller 91 in the form of an information packet, which may be transmitted to computer 11 through a cable, or through a wireless transmission link such as an infrared, ultrasonic, or radio frequency (RF) link. The position information provided by controller 91 may be provided according to a conventional serial or parallel interface format, such as universal serial bus (USB), FireWire(TM), I²C, PS2, ECP and EPP interface formats.

[0043] As mentioned, image detector 89 may be an artificial retina. A suitable artificial retina manufactured by Mitsubishi Electric Corporation includes a two-dimensional array of variable sensitivity photo detectors (VSPDs) and operates in a known manner. Briefly, the VSPDs are formed by a side-by-side pair of diodes integrated onto and separated by a semi-insulated GaAs layer (pn-np structure). In one embodiment, the array is a 32*32 element array, but the array could be made larger or smaller as desired. The photo detector current depends, both in sign and magnitude, on an applied voltage. Such VSPDs exhibit an analog memory effect which stores conductivity information when a voltage is applied in the presence of an optical write pulse. This information is retrieved by injecting an optical readout pulse.

[0044] As a further example, image detector 89 may be provided as part of an optical tracking IC available from Agilent Technologies Inc. of Palo Alto Calif., e.g., the ADNS 2030 and 2050 ICs. Associated imaging componentry (e.g., LED light source and optical coupling assembly) is also available from Agilent, alone or as part of a complete optical tracking engine kit intended for use in the design of an optically tracking mouse.

[0045] Image processing in such devices is based on optical matrix-vector multiplication, or approximations thereof. An input image is projected onto the device as a weight matrix. All VSPDs have one electrode connected along rows, yielding a sensitivity control vector. Thus, the VSPD sensitivity can be set to arbitrary values in each row within a certain range. In addition, the remaining VSPD electrode is connected along columns, yielding an output current vector defined by the matrix vector product of the weight matrix times the sensitivity control vector.

[0046] In an illustrative embodiment, image detector 89 is controlled, by controller 91, to perform edge extraction operations. The sensitivities of two adjacent detector rows are set to +1 and -1, respectively, whereas all other sensitivities are set at 0. In this embodiment, the output current is proportional to the difference in light intensities of the two active rows. By shifting the control voltage pattern in a cyclical manner (0, +1, -1, 0, 0, etc.), the horizontal edges of the input image are sensed. Thus, the system operates in a time sequential and semi-parallel mode.

[0047] In the illustrated embodiment, mouse 77 also includes a current driver 93 which is coupled to source 81. With this arrangement, controller 91 can be configured to intermittently sense the intensity of the radiation generated by source 81 and adjust the current provided to source 81 through current driver 93. In other words, if the sensed intensity is lower than a desired range, controller 91 may provide a feedback signal to current driver 93 to boost the current provided to source 81, in order to increase the intensity of the electromagnetic radiation emanating from source 81. If, on the other hand, the intensity of the radiation is higher than a desired range, controller 91 may provide a feedback signal to current driver 93 to reduce the current provided to source 81, to thereby reduce the intensity of the radiation emitted from source 81. This may be done to maximize the signal/noise ratio of the reflected image information. It may also serve as a means, in addition to the present inventive power management systems and methods, for reducing the overall power consumption of mouse 73.

[0048] Additional detail concerning the ways in which controller 91 may receive image signals from image detector 89 and process the image signal to generate position information are set out in the co-owned Adan et al. patent and co-pending patent applications mentioned (and incorporated by reference) above. These details are not directly relevant to (and are not necessary to an understanding of) the capacitive sensing system of the present invention. It should be noted, however, that such signal processing consumes considerably more power (typically 20-30 mA) than the signal processing associated with conventional opto-electrical encoder wheel systems (typically 1-2 mA). Additional

power is also required for driving the light source of the optical tracking system.

[0049] As previously mentioned, a mouse to which the present inventive systems may be applied may have a wireless (e.g., RF or infrared) data link to a host computer. Such a system, including a mouse 99 and a receiver 101, is diagrammatically depicted in FIG. 5. Receiver 101 is an RF receiver that connects to a personal computer 103 with a universal serial bus (USB) cable. Mouse 99 incorporates an RF transmitter and may incorporate an optical tracking system as has been described. Mouse 99 may be used in an ordinary fashion, e.g., a user can move a cursor across a computer screen by moving the mouse over a flat (planar) surface, and can control the actions of an on-screen cursor in a conventional "point and click" manner. When a user moves mouse 99 and clicks its buttons, mouse 99 generates binary data representing this activity, encapsulates the data into packets, and sends the packets to receiver 101 as radio frequency (RF) signals. The RF transmission may be carried out in a known manner, the details of which are not necessary to an understanding of the present inventive sensing systems. If receiver 101 recognizes mouse 99, it sends the binary data to computer 103. The computer then reacts to the data to cause, for example, the cursor to move across the screen (monitor) 105.

[0050] Typically, two AA alkaline batteries will power mouse 99 with a capacity of about 2500 mAh. In order to conserve the limited battery power, a power management system in accordance with U.S. application Ser. No. 09/948,099 may be used to power down the mouse when it is not in use. As part of the system, a touch/proximity sensor utilizing a novel system and method of capacitive sensing in accordance with the present invention may be employed to provide an indication of usage.

[0051] In accordance with the inventive capacitive sensing systems of U.S. application Ser. No. 09/948,099, a relative increase in a capacitance between a conductor and a device ground signals the presence of an object or body portion in contact with or close proximity to another object. As applied to a user operated data input device, the system signals the presence or absence of a user's hand or other operation instrumentality (e.g., a pen of pen based data input device) in contact with or close proximity to the device. As applied to mouse 99, the capacitive sensing system senses the presence of a user's hand on or in close proximity to mouse 99.

[0052] A change in the size of a relatively small capacitor formed between a sensor plate and its surroundings (a relative device ground) is detected by way of a charge transfer technique, in a manner which avoids processing intensive (and relatively slow) capacitance measurements by an A/D converter or the like. By way of analogy, a change in the relative size of the small ("scoop") capacitor may be determined by repeatedly dumping the charge of scoop capacitor into a larger ("bucket") capacitor, and counting the number of "scoops" required to "fill" the bucket capacitor. The "scoop" capacitor is modulated by the touch or close proximity of a user's hand, for example. The closer the user's hand is to the mouse, the larger the apparent size of the scoop capacitor. By counting the number of "scoops" it takes to fill the "bucket," a capacitance change initiated by a change in the user's hand proximity, as the user touches/removes his hand from the mouse, can be detected.

[0053] The present invention builds on the disclosure of U.S. application Ser. No. 09/948,099, by providing a system and method for reducing the time and energy it takes to determine a physical count of "scoops" required to "fill" the bucket capacitor. The efficiency of the algorithm is improved, and that improvement may be used to extend the battery life of the product in which the algorithm is employed.

[0054] Application Ser. No. 09/948,099 describes methods and systems for detecting a change in environmental capacitance caused by the proximity of a human user hand, which allow power to be saved by turning "off" the high current systems, e.g., tracking systems, when the mouse, keyboard, etc., is not in use. The determination of this condition involves periodic sequences of microprocessor operation, causing increased current draw during the detection interval. This interval remains relatively long, because each time the touch system is operated a count is generated as the "bucket" capacitor is charged from 0 volts up to an arbitrary threshold determined by an internal comparator. The present inventor recognized that counts in a typical system may accumulate to 100 or more, while the difference between a "touch" event and "no-touch" event might only exhibit itself as a count of +/-5 counts around this value. For sensing purposes, the area of interest is this difference and not the succession of counts leading up to the final number. According to the present invention, a repeatable offset charge is injected

into the bucket capacitor at the initiation of the detection sequence. Such an offset allows the count range to be reduced by an amount proportional to the offset charge induced into the bucket capacitor. [0055] According to exemplary embodiments of the invention, and with reference to FIG. 5, a resistor (e.g., 30 kOhm) or other impedance element 184 may be wired to an unused or multifunction port pin of [mu]P 1, which allows the microprocessor, with the port pin functioning as a voltage source, to inject current into bucket capacitor 183 prior to the detection sampling interval. In lieu of a resistor, impedance 184 could be an inductor used to "flyback" a precharge to the bucket capacitor, or a further capacitor from which a precharge could be transferred. Still further, an external impedance element could be omitted and the port pin of [mu]P 1 could be set as a current source for a deterministic time, to precharge the bucket capacitor to a repeatable level.

[0056] In the case that the pin is set as a voltage source to charge the bucket capacitor through a resistor, charge injection is a function of the applied voltage duration (time), the resistor value, and the bucket capacitor value. The precharge is made repeatable and, theoretically, may be set at any level producing a voltage below the threshold level of the I/O cell. As a practical matter, however, the threshold level of the I/O cell has an uncertainty, due to the fabrication process used to build the silicon, of about +/-12%. On top of that, there is generally some variation in clock timing, and the capacitance of the bucket capacitor and scoop capacitor can vary as well, perhaps an additional 10%. Additionally, there is an environmental element to the scoop capacitor charge variation that affects the counts. Taking into account these sources of process variability, it may be desirable to maintain a safety margin, by choosing a precharge of approximately [2/3] of the nominal bucket capacitor "capacity," or less, taking into account the average detection threshold of the microprocessor or ASIC involved.

[0057] Each sample (count) set may then accumulate to 20 or 30 counts for example, instead of 100-110 counts. The sampling duration is thus reduced to [1/4] of the time duration previously required. Assume a non-offset system has a "touch" value of 100 counts and non-touch value of 110. In this case approximately 10% of the resulting counts are used to resolve hand presence=10/100. Now consider an offset system where hand presence accumulates to 20 counts, and hand absence to 30 counts. In this case, the difference is {fraction (10/20)} or 50%. Assuming an interval of 100 mS between sampling cycles and a 5 mS sampling duration, then with a 2 mA gross current (hand-off) draw, the total power draw would be reduced from a 100 uA average to 33 uA. The gross power saving which is achievable in this example is 3:1 (hand-off), and this ratio may be altered by the potential to increase the sampling periodicity (frequency) to improve responsiveness. Since the total number of counts may be reduced to the range of 20-30, the possibility of external noise perturbations that affect the quality of the determination may also be reduced. External transient events commonly occur and can affect the number of counts. A shorter detection period improves the statistical probability of "getting the right answer," i.e., improved error margin.

[0058] Utilization of an offset charge provides an advantage in terms of reduced time and power requirements for carrying out detection sampling. These gains can be traded back to improve resolution (increase granularity) in hand/object detection as well as detection of non-touch related environmental capacitance variation, thus reducing system sensitivity to noise. To this end, for example, the size of the bucket capacitor could be increased from 4.7 nF to 7.5 nF causing the count interval to range from 30 (for touch) to 45 (for no touch). Corresponding to the increase in size of the bucket capacitor, if the bucket capacitor is charged by way of a voltage source and resistor, the resistance value would preferably be dropped by the same ratio, e.g., to 20 kOhms. In this case, power savings would be reduced to approximately 2:1, but granularity of the touch detection would increase 50% (from 10 to 15 counts). Such increased granularity may be useful, e.g., to permit discrimination between hand approach and actual touch conditions, that may in turn be used for power management or other functions. As one example, to improve device responsiveness while retaining power efficiency, it may be desirable to begin the power-up process of certain device components upon detection of a hand approach, while other components (taking less time to power-up) are not powered-up until actual hand contact is detected.

[0059] As mentioned, an alternative to use of an external resistor or other impedance is to use an internal

current limiting (current source) functionality of the involved I/O port of [mu]P 1, and carefully time the application of power. Typically, an I/O port impedance might be on the order of 100 Ohms as an FET source or sink impedance, although the source impedance is somewhat dynamic and non-linear. As is known, by carefully controlling the process used to create the IC, these FETs can be made usable as a current limited source. Microprocessors that provide this functionality are available off-the-shelf. In an ASIC configuration, these I/O FETs can be biased to provide a relatively precise current. Utilizing a simple digital counter, such a small current source may be turned on for a finite, controllable time, to inject a deterministic number of coulombs of charge into the bucket capacitor. Alternatively, essentially the same result may be achieved using a tuned circuit such as an inductor in series, or flyback, with the capacitor, and a shorter time interval.

[0060] In a first embodiment, the present invention works by sequentially charging "scoop" capacitor 181, and dumping it into relatively large, preferably fixed size bucket capacitor 183. Bucket capacitor 183 may, e.g., have a capacitance C of 4.7 nF, whereas the capacitance of the scoop capacitor may vary within the range of 15-45 pF. The filling/dumping process is continued until bucket capacitor 183 is "full." An increase in the size of scoop capacitor 181, indicative of the presence or absence of a user's hand in contact with or close proximity to the mouse, can then be determined by how many "scoops" it took to fill the bucket. This general process is the same as is described in U.S. application Ser. No. 09/948,099.

[0061] In the present case, however, the algorithm is modified by "filling" the bucket partially full before counting the "scoops." In this way, the number of "scoops" is reduced.

[0062] As seen in FIGS. 1 and 5, a preferred implementation uses three I/O pins A, B and C of [mu]P 1 to control the filling, dumping (charge transferring) and input threshold switch sampling actions. Pin C is connected, through resistor (or other impedance) 184, to pin A. In the alternative, and as mentioned, also applicable would be an internal current source used in lieu of impedance 184. Obviously, other hardware/software/firmware arrangements may be utilized in order to achieve the same or similar result, including arrangements of discrete circuit elements, or an ASIC, in lieu of firmware programmed [mu]P 1. The following steps may be executed by [mu]P 1 under firmware control:

[0063] 1) uP clamps Pins A, B, and C to ground, to discharge bucket capacitor 183. Counter=0.

[0064] a. Pin A is set to high impedance.

[0065] b. Pin C is set to a 1 or positive voltage. Through a charging resistor or source impedance, a finite charge is loaded into bucket capacitor 183. The charge is selected to be less than that required to "fill" the bucket capacitor. The total charge is a function of the positive voltage, the charging time, and the series impedance between pin C and pin A connected to bucket capacitor 183. (In the event of an internal current source, such as in an ASIC implementation, the total charge would be a function of the current source value and activation time).

[0066] c. Pins B and C are set to high impedance.

[0067] 2) With pin B still set to be a high impedance input (floating), Pin A is set high to charge the scoop capacitor (without charging bucket capacitor 183).

[0068] 3) Pin A is set to be a high impedance input (floating), and Pin B is driven low, to dump the charge from scoop capacitor 181 into bucket capacitor 183.

[0069] 4) Counter=counter+1 (count one scoop).

[0070] 5) Pin A (still a high impedance input) is sampled to see if it has crossed an input high threshold (indicates a bucket "full" condition). If not, steps 2-5 are repeated.

[0071] 6) Algorithm is complete; Counter value is inversely proportional to a relative size of the scoop capacitor. The lower the Counter value, the greater the capacitance of the scoop capacitor. The Counter value may be used directly as a current touch value (TouchVal), or may be averaged into a new touch reading, e.g., $\text{TouchVal} = (\text{TouchVal} + \text{Counter})/2$, in which case TouchVal is a moving average value.

[0072] Thus, following each cycle of charge transfer (after the initial charging of the bucket capacitor to its repeatable non-zero reference charge), an input threshold switch of [mu]P 1, e.g., a CMOS transistor connected to pin A, is checked to determine whether its threshold (e.g., $[1/2] V_{cc} = 1.55V \pm 20\%$) has been reached. When it has, this indicates that the bucket capacitor is "full." A counter is incremented for

each check, up to the point that the threshold voltage is exceeded. The presence of a hand on (or in close proximity to) the mouse is determined when the count related value (TouchVal) falls below a predetermined threshold count value (which is preferably dynamically adjusted in a manner to be described). The aforementioned touch-on (ON) or touch-off (OFF) signals are generated based upon this determination.

[0073] As described so far, TouchVal is a count value or moving average count value. It will be understood, however, that TouchVal could instead be another variable related to the count, e.g., a time value providing a proxy indication of the number of cycles of charge transfer required to reach the input high threshold.

[0074] In a "low-side" variation of the above technique, sampling is carried out at Pin B (instead of Pin A) at the time that Pin B is set to be a high impedance input. A CMOS transistor threshold switch of a typical controller will transition from low-to-high at a voltage that is somewhat different than the high-to-low transition point. This difference can be utilized to provide different resolutions of the count value. In carrying out the "low-side" variation, [mu]P 1 may execute the following steps:

[0075] 1) uP 1 clamps pins A, B and C to ground, to discharge bucket capacitor 183 and scoop capacitor 181. Counter=0.

[0076] a. Pin A is set to high impedance.

[0077] b. Pin C is set to a 1 or positive voltage. Through a charging resistor or source impedance, a finite charge is loaded into the bucket capacitor. The charge is selected to be less than that required to "fill" the bucket capacitor. The total charge is a function of the positive voltage, the charging time, and the series impedance between Pin C and Pin A connected to bucket capacitor. (In the event of an internal current source, such as in an ASIC implementation, the total charge would be a function of the current source value and activation time.)

[0078] c. Pins B and C are set to high impedance.

[0079] 2) With Pin B still set to be a high impedance input (floating), Pin A is set high to charge the scoop capacitor (without charging bucket capacitor 183).

[0080] 3) Pin B (still a high impedance input) is sampled to see if it has crossed an input low threshold (indicates a bucket "full" condition). If crossed, proceed to step (7). If not crossed, continue to step (4).

[0081] 4) Pin A is set to be a high impedance input (floating), and Pin B is driven low, to dump the charge from scoop capacitor 181 into bucket capacitor 183.

[0082] 5) Counter=counter+1 (count one scoop).

[0083] 6) Repeat steps 2-5.

[0084] 7) Algorithm is complete; Counter value is inversely proportional to a relative size of the scoop capacitor. The lower the Counter value, the greater the capacitance of the scoop capacitor. The Counter value may be used directly as a current touch value (TouchVal), or may be averaged into a new touch reading, e.g., $\text{TouchVal} = (\text{TouchVal} + \text{Counter})/2$, in which case TouchVal is a moving average value.

[0085] In an alternative embodiment that may be carried out with the circuit arrangement of FIG. 5, TouchVal may be representative of a number of cycles required to dump (rather than charge) bucket capacitor 183 through the scoop capacitor 181. Again, by way of analogy, the bucket is initially "filled," and then it is emptied, scoop by scoop, until a threshold low (or high) voltage is detected indicating that the charge of the bucket capacitor has been "emptied," i.e., reduced below a threshold level. In carrying out this alternative embodiment, [mu]P 1 may execute the following steps:

[0086] 1) uP 1 drives Pin A high and Pin B low to charge the bucket capacitor; Pin C is set to high impedance.

[0087] a. Pin A is set to high impedance.

[0088] b. Pin C is set to a 0 or ground voltage. Through a discharging resistor or source impedance, a finite charge is emptied from the Bucket capacitor. The charge is selected to be less than that required to "empty" the bucket capacitor. The total charge is a function of the positive voltage, the discharging time, and the series impedance between Pin C and Pin A connected to bucket capacitor 183. (In the event of an internal current sink, such as in an ASIC implementation, the total charge would be a function of the current sink value and activation time.)

[0089] c. Pins B and C are set to a high impedance.

[0090] 2) Pin A is driven low while Pin B remains set as a high impedance input (floating), to dump the charge of scoop capacitor 181 to ground (without dumping the charge of bucket capacitor 183).

[0091] 3) Pin A is set to be a high impedance input (floating) and Pin B is driven low, resulting in a transfer of charge from bucket capacitor 183 to scoop capacitor 181.

[0092] 4) Counter=counter+1 (count one scoop).

[0093] 5) Pin A (still a high impedance input) is sampled to see if it has crossed an input low threshold (indicates bucket is "empty"). If not, steps 2-5 are repeated.

[0094] 6) Algorithm is complete; as in the first embodiment, the Counter value is inversely proportional to a relative size of the scoop. The lower the Counter value, the greater the capacitance of the scoop capacitor. TouchVal may be set as the Counter value itself, a moving average of the Counter value, or a value otherwise related to the Counter value, e.g., a corresponding time value.

[0095] The polarity of the charge in step (1) may be reversed such that Pin B is driven high and Pin A is driven low to charge the bucket capacitor. In this case, Pin A is sampled in step (5) to see if it crossed an input high threshold.

[0096] Similar to the first "bucket filling" embodiment, sampling may be carried out in the above "bucket emptying" embodiments at Pin B (instead of Pin A), at the time that Pin B is set as a high impedance input. In carrying out this variation, [mu]P 1 may execute the following steps:

[0097] 1) uP 1 drives Pin A high and Pin B low to charge bucket capacitor 183; Pin C is set to high impedance.

[0098] a. Pin A is set to high impedance.

[0099] b. Pin C is set to a 0 or ground voltage. Through a discharging resistor or source impedance, a finite charge is emptied from the Bucket capacitor. The charge is selected to be less than that required to "empty" the bucket capacitor. The total charge is a function of the positive voltage, the discharging time, and the series impedance between Pin C and Pin A connected to the bucket capacitor 183. (In the event of an internal current sink, such as in an ASIC implementation, the total charge would be a function of the current sink value and activation time.)

[0100] c. Pins B and C are set to a high impedance.

[0101] 2) Pin A is driven low while Pin B remains set as a high impedance input (floating), to dump the charge of scoop capacitor 181 to ground (without dumping the charge of bucket capacitor 183).

[0102] 3) Pin B (still a high impedance input) is sampled to see if it has crossed an input high threshold (indicates bucket is "empty"). If crossed, proceed to step (7). If not crossed, then continue to step (4).

[0103] 4) Pin A is set to a high impedance input (floating) and Pin B is driven low, resulting in a transfer of charge from bucket capacitor 183 to scoop capacitor 181.

[0104] 5) Counter=counter+1 (count one scoop).

[0105] 6) Repeat steps 2-5.

[0106] 7) Algorithm is complete; as in the first embodiment, the Counter value is inversely proportional to a relative size of the scoop. The lower the Counter value, the greater the capacitance of the scoop capacitor. TouchVal may be set as the Counter value itself, a moving average of the Counter value, or a value otherwise related to the Counter value, e.g., a corresponding time value.

[0107] The polarity of the charge in step (1) may be reversed such that Pin B is driven high and Pin A is driven low to charge the bucket capacitor. In this case, Pin B is sampled in step (3) to see if it has crossed an input low threshold.

[0108] In a further alternative embodiment that may be carried out with the circuit arrangement of FIG. 7, TouchVal may be representative of a number of cycles required to "fill" bucket capacitor 183 by way of a voltage applied to bucket capacitor 183 and scoop capacitor 181 connected in series. In this case, a per-cycle increase in charge of bucket capacitor 183 is regulated by the relative size of scoop capacitor 181. In carrying out this alternative embodiment, [mu]P 1 may execute the following steps:

[0109] 1) uP 1 clamps Pins A, B and C to ground to discharge bucket capacitor 183 and scoop capacitor 181. Counter=0.

[0110] a. Pin B, is set to high impedance.

[0111] b. Pin C is set to a 1 or positive voltage. Through a charging resistor or source impedance, a finite charge is loaded into the Bucket capacitor. The charge is selected to be less than that required to "fill" the bucket capacitor. The total charge is a function of the positive voltage, the charging time, and the series impedance between Pin C and Pin B connected to bucket capacitor 183. (In the event of an internal current source, such as in an ASIC implementation, the total charge would be a function of the current source value and activation time.)

[0112] c. Pins A and C are set to high impedance.

[0113] 2) While Pin A remains set as a high impedance input (floating), Pin B is set high; this puts the bucket and scoop capacitors in series. The same current flows through both capacitors, and when the scoop capacitor is filled current stops flowing through both the bucket capacitor and the scoop.

[0114] 3) Pin B is set to be a high impedance input (floating), and Pin A is driven low, to discharge the scoop capacitor (without discharging the bucket), so that it may be filled again.

[0115] 4) Counter=counter+1 (count one scoop).

[0116] 5) Pin B (still a high impedance input) is sampled to see if it has crossed an input high threshold (indicates a bucket "full" condition). If so, proceed to step (6). If not, repeat steps 2-5.

[0117] 6) Algorithm is complete; Counter value is inversely proportional to a relative size of the scoop capacitor. The lower the Counter value, the greater the capacitance of the scoop capacitor. The Counter value may be used directly as a current touch value (TouchVal), or may be averaged into a new touch reading, e.g., $\text{TouchVal} = (\text{TouchVal} + \text{Counter})/2$, in which case TouchVal is a moving average value.

[0118] In a "low-side" variation of the above-described further alternative embodiment, sampling is carried out at Pin A (instead of Pin B) at the time that Pin A is set to be a high impedance input. In carrying out this variation, [mu]P 1 may execute the following steps:

[0119] 1) uP 1 clamps Pins A, B and C to ground to discharge bucket capacitor 183 and scoop capacitor 181. Counter=0.

[0120] a. Pin B is set to high impedance.

[0121] b. Pin C is set to a 1 or positive voltage. Through a charging resistor or source impedance, a finite charge is loaded into the Bucket capacitor. The charge is selected to be less than that required to "fill" the bucket capacitor. The total charge is a function of the positive voltage, the charging time, and the series impedance between Pin C and Pin B connected to the bucket capacitor. (In the event of an internal current source, such as in an ASIC implementation, the total charge would be a function of the current source value and activation time.)

[0122] c. Pins A and C are set to high impedance.

[0123] 2) While Pin A remains set as a high impedance input (floating), and Pin B is set high; this puts the bucket and scoop in series. The same current flows through both capacitors, and when the scoop capacitor is filled current stops flowing through both the bucket capacitor and the scoop capacitor.

[0124] 3) Pin A (still a high impedance input) is sampled to see if it has crossed an input low threshold (indicates a bucket "full" condition). If so, proceed to step (7). If not, then continue to step (4).

[0125] 4) Pin B is set to be a high impedance input (floating) and Pin A is driven low, to discharge the scoop capacitor (without discharging the bucket) so that it may be filled again.

[0126] 5) Counter=counter+1 (count one scoop).

[0127] 6) Repeat steps 2-5.

[0128] 7) Algorithm is complete; Counter value is inversely proportional to a relative size of the scoop capacitor. The lower the Counter value, the greater the capacitance of the scoop capacitor. The Counter value may be used directly as a current touch value (TouchVal), or may be averaged into a new touch reading, e.g., $\text{TouchVal} = (\text{TouchVal} + \text{Counter})/2$, in which case TouchVal is a moving average value.

[0129] As has been described, touch-on (ON) and touch-off (OFF) signals may be generated based upon a direct determination of whether the count related value (TouchVal) falls below a predetermined threshold count value. An enhanced sensing algorithm for determining and outputting a touch/proximity or no touch/proximity flag (ON/OFF), with better immunity to noise and non-touch related environmental changes, is now described with reference to FIG. 6. This algorithm corresponds to a sensing algorithm described in commonly owned copending application Ser. No. 09/948,099.

[0130] As a matter of convenience, the terms "touch," "touching," etc. are used in the following description of the algorithm to refer to touch and/or close proximity. The touch flag ON is set when the algorithm (state machine) is in the stOn or stOnPos states 187, 189, and is cleared in the stOff and stOffPos states 191, 193. The touch algorithm periodically reads a new touch value (TouchVal) using the above-described counting algorithm. The following is a list of variables that may be used in the sensing algorithm:

Touch Val Current touch reading (result from above counting algorithm).

TouchOff Current OFF threshold value.

TouchAvg In the ON states, holds a filtered (pseudo-average) value

which is used in the comparison to enter the "stOff" state

(see below).

TouchCnt A filtering count value used in the different touch states.

[0131] There are four different states the touch algorithm can be in:

stOff: User is not touching, algorithm waiting to go ON. A check

for entering the "stOn" state (see below) is performed here.

StOffPos: User is not touching, Touch Val > TouchOff value. This

state is a filter, and ratchets TouchOff up slowly.

stOn: User is touching; algorithm is waiting to go to the "stOff"

state

StOnPos: User is touching, Touch Val > TouchAvg. This state is a

filter which ratchets TouchAvg up slowly. A check for

entering the stOff state is performed here.

[0132] With reference to FIG. 6, operation of the touch algorithm may be summarized as follows. The state machine transitions from stOff state 191 to stOn state 187 upon TouchVal falling a predetermined amount below (e.g., more than 2 counts below) TouchOff. The state machine transitions from stOn state 187 to stOff state 191 upon a filtered (pseudo-average) touch value (TouchAvg) reaching or exceeding TouchOff. Each time that TouchVal exceeds TouchAvg, state stOnPos 189 is entered, wherein a counter initially set, e.g., at 4 is decremented. If TouchVal remains higher than TouchAvg such that the counter is decremented to 0, the value of TouchAvg is incremented to TouchAvg+1. TouchAvg is reset to TouchVal upon TouchVal dropping to or below TouchAvg, and upon a state transition from stOff to stOn.

[0133] The threshold count value TouchOff is preferably dynamically adjusted in the following manner. When batteries 3 are first installed, the touch-state algorithm is preferably initialized to the stOn state. TouchVal is set to the current touch reading, and the initial TouchOff value is set to a maximum counter value of 255. As TouchVal will not ordinarily ever reach this maximum value, this forces the touch algorithm to remain in the stOn state until the state machine of FIG. 8 transitions to the SHUTDOWN

state via a timeout (e.g., 180 sec.) of no mouse activity. At this point TouchOff is reset to TouchAvg, which is determined in the manner described above. Preferably, any transition to SHUTDOWN from another state will cause TouchOff to be set to the current TouchAvg. At this point, the system can generally correctly assume that no hand is present.

[0134] If, during stOff state 191, TouchVal exceeds a current value of TouchOff, a state stOffPos 193 is entered wherein a counter initially set, e.g., at 8 is decremented. If TouchVal remains higher than TouchOff such that the counter is decremented to 0, the value of TouchOff is incremented to TouchOff+1. TouchOff is reset to TouchAvg upon a state transition from stOnPos to stOff (which occurs upon TouchAvg reaching or exceeding TouchOff). In stOff state 191, TouchOff is decremented by 1 each time a current touch reading (TouchVal) falls just below TouchOff (e.g., TouchOff-2<=TouchVal<=TouchOff) for a preset number of control cycles (e.g., 100).

[0135] The preferred states, and state transition conditions, are further described below.

[0136] stOn state 187

[0137] If TouchVal is <TouchAvg, then TouchAvg is set to the current touch reading (no state change).

[0138] If TouchVal is >TouchAvg, then counter TCount is initialized to 4, and the state machine transitions to stOnPos state 189. stOnPos state 189

[0139] If TouchVal is <TouchAvg, then TouchAvg is set equal to TouchVal and the state machine transitions to stOn state 187.

[0140] If TouchVal is >TouchAvg, TCount is decremented, and if the count =0 (4 successive TouchVal readings>TouchAvg), then TouchAvg is incremented. This state serves to perform a slow filter for the touch readings, so momentary drops will not unnecessarily put the touch-state machine in the stOff state 191.

[0141] If TouchAvg >=TouchOff, then the state machine transitions to stOff state 191 and another counter OffCnt (which may use the same register as TCount) is set to 100. TouchOff is set to TouchAvg.

[0142] stOff state 191

[0143] If TouchVal is >TouchOff, then the state machine transitions to stOffPos state 193 and counter TCount is set to 8.

[0144] If TouchVal is <(TouchOff-2), then the state machine transitions to the stOn state, and TouchAvg is initialized to TouchVal.

[0145] If TouchVal is <TouchOff, but >=(TouchOff-2), then counter OffCnt is decremented. If OffCnt=0, then TouchOff is decremented, and OffCnt is reset to 100. This is the case where a lower TouchOff value is learned (i.e., when the mouse is moved to a more capacitive environment). When the mouse state machine enters SHUTDOWN state 165, and the state machine is set to stOff state 191, TouchOff is set to TouchAvg.

[0146] stOffPos state 193

[0147] If TouchVal is >TouchOff, then TCount is decremented. If TCount=0, then TouchOff is incremented and TCount is reset to 8. This is the condition where a higher TouchOff value is learned (i.e., when the mouse is moved to a less capacitive environment).

[0148] If TouchVal is <=TouchOff, then OffCnt is set to 100 and the state machine transitions to the stOff state.

[0149] The present invention has been described in terms of preferred and exemplary embodiments thereof. Numerous other embodiments, modifications and variations within the scope and spirit of the appended claims will occur to persons of ordinary skill in the art from a review of this disclosure. In the claims, the use of the labels for algorithm variables appearing in the specification is for convenience and clarity and is not intended to have any limiting effect.

The EPO does not accept any responsibility for the accuracy of data and information originating from other authorities than the EPO; in particular, the EPO does not guarantee that they are complete, up-to-date or fit for specific purposes. Claims not available for **JP 2004061502 (A)**

Claims of corresponding document: **US 2004019810 (A1)**

[Translate this text](#) [Claims Tree](#)

1. A capacitive sensing system for sensing the presence of an object or body portion in contact with or close proximity to another object, comprising:
a first conductor capacitively coupled to a ground to thereby form a scoop capacitor having a capacitance which varies in relation to the proximity of said object or body portion to said conductor;
a pair of second and third conductors forming a bucket capacitor having a capacitance which is larger than a maximum capacitance of said scoop capacitor;
an input threshold switch;
charge setting means for setting a charge of said bucket capacitor at a repeatable non-zero reference level;
switching means for selectively: connecting at least one of said scoop capacitor and bucket capacitor to a voltage source to charge said at least one capacitor, connecting said charge setting means to said bucket capacitor to set the charge of the bucket capacitor to said repeatable non-zero reference level, varying the charge of said bucket capacitor from the reference level set by said charge setting means, in relation to a relative size of said scoop capacitor, and applying a voltage of said bucket capacitor to said input threshold switch;
detector means for detecting an input state of said input threshold switch;
determining means for determining a value (TouchVal) relating to a number of cycles of said varying of the bucket capacitor charge, corresponding to a detection of a transition of said input threshold switch by said detector means; and
signal generating means for generating, based upon TouchVal, a signal indicative of an ON state wherein said object or body portion is in contact with or close proximity to said another object, and an OFF state wherein said object or body portion is not in contact with or close proximity to said another object.
2. A capacitive sensing system according to claim 1, wherein the at least one capacitor comprises said scoop capacitor, and said varying of the charge of said bucket capacitor comprises transferring charge from said scoop capacitor to said bucket capacitor.
3. A capacitive sensing system according to claim 1, wherein the at least one capacitor comprises said bucket capacitor and said varying of the charge of said bucket capacitor comprises transferring charge from said bucket capacitor to said scoop capacitor.
4. A capacitive sensing system according to claim 1, wherein the at least one capacitor comprises said scoop capacitor and said bucket capacitor connected in series, and said varying of the charge of said bucket capacitor comprises charging said bucket capacitor with said voltage source, as regulated by said scoop capacitor.
5. A capacitive sensing system according to claim 1, further comprising comparing means for comparing TouchVal, or a number derived from TouchVal, with a predetermined threshold value (TouchOff), or a number derived from TouchOff; and wherein said signal generating means generates said ON and OFF state indicating signals based upon an output of said comparing means.
6. A capacitive sensing system according to claim 1, wherein said object is a computer peripheral device, and said first conductor is mounted on said computer peripheral device.
7. A capacitive sensing system according to claim 6, wherein said computer peripheral device is an external computer peripheral device linkable to a separate host computer, said peripheral device incorporating therein a power supply.
8. A capacitive sensing system according to claim 7, wherein said external computer peripheral device is linkable to a host computer without a hard-wired connection.

9. A capacitive sensing system according to claim 8, wherein said external computer peripheral device is a cursor control device comprising an optical tracking engine.
10. A capacitive sensing system according to claim 9, wherein said cursor control device is a computer mouse configured to track on a planar surface upon which the mouse rests.
11. A capacitive sensing system according to claim 1, wherein TouchVal for a control cycle n is a moving average value.
12. A capacitive sensing system according to claim 5, further comprising threshold count determining means for dynamically adjusting the value of TouchOff in accordance with a relative decrease in the capacitance of said scoop capacitor occurring during said OFF state.
13. A capacitive sensing system according to claim 12, further comprising means for deriving a value (TouchAvg) from TouchVal, said comparing means comparing TouchAvg with TouchOff during said ON state.
14. A capacitive sensing system according to claim 13, wherein TouchAvg is initially set to equal TouchVal upon a transition from the OFF state to the ON state, and the value of TouchAvg is incremented upon TouchVal exceeding TouchAvg for a predetermined interval.
15. A capacitive sensing system according to claim 12, wherein said decrease in the capacitance of said scoop capacitor is determined from the occurrence of an increase in TouchVal during said OFF state.
16. A capacitive sensing system according to claim 15, wherein said decrease in the capacitance of said scoop capacitor is determined from TouchVal remaining above TouchOff for a predetermined interval.
17. A capacitive sensing system according to claim 5, further comprising means for deriving a value (TouchAvg) from TouchVal, said comparing means comparing TouchAvg with TouchOff during said ON state.
18. A capacitive sensing system according to claim 5, wherein said signal generating means transitions from said OFF state to said ON state upon TouchVal decreasing below TouchOff by a predetermined amount.
19. A capacitive sensing system according to claim 5, said system decrementing Touch Off upon TouchVal remaining below TouchOff for a predetermined interval.
20. A capacitive sensing system according to claim 1, wherein said input threshold switch comprises a CMOS transistor.
21. A capacitive sensing system according to claim 2, said first conductor of said scoop capacitor being commonly connected, together with a first one of said pair of conductors of said bucket capacitor, to a first terminal, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor being connected to a second terminal, said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor further being connected to a third terminal wherein:
said switching means cyclically: (a) clamps the first, second and third terminals to ground, to discharge the bucket capacitor; (b) sets the first terminal to high impedance and drives the third terminal to thereby set said reference level charge of said bucket capacitor; (c) sets the second and third terminals to be high impedance inputs and drives the first terminal, to charge the scoop capacitor without charging the bucket

capacitor; and (d) sets the first terminal to be a high impedance input and drives the second terminal, to transfer charge from the scoop capacitor to the bucket capacitor; said input threshold switch is connected to one of said first terminal and said second terminal to receive a voltage therefrom when said one terminal is set to be said high impedance input; and said detector means samples, in relation to the cycling of said switching means, a state of said input threshold switch.

22. A capacitive sensing system according to claim 21, wherein said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor is connected to said third terminal through an impedance element.

23. A capacitive sensing system according to claim 22, wherein said impedance element comprises a resistor.

24. A capacitive sensing system according to claim 3, said first conductor of said scoop capacitor being commonly connected, together with a first one of said pair of conductors of said bucket capacitor, to a first terminal, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor being connected to a second terminal, said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor further being connected to a third terminal, wherein:

said switching means cyclically: (a) drives the first terminal high, drives the second terminal low and sets the third terminal to high impedance, to charge the bucket capacitor; (b) sets the first terminal to high impedance and drives the third terminal low to thereby drop the charge of said bucket capacitor to said reference charge level; (c) sets the second and third terminals to be high impedance inputs and drives the first terminal low, to discharge the scoop capacitor without discharging the bucket capacitor, and (d) sets the first terminal to be a high impedance input and drives the second terminal to transfer charge from the bucket capacitor to the scoop capacitor; said input threshold switch is connected to one of said first terminal and said second terminal to receive a voltage therefrom when said one terminal is set to be said high impedance input; and said detector means samples, in relation to the cycling of said switching means, a state of said input threshold switch.

25. A capacitive sensing system according to claim 24, wherein said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor is connected to said third terminal through an impedance element.

26. A capacitive sensing system according to claim 25, wherein said impedance element comprises a resistor.

27. A capacitive sensing system according to claim 4, said first conductor of said scoop capacitor being commonly connected, together with a first one of said pair of conductors of said bucket capacitor, to a first terminal, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor being connected to a second terminal, said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor further being connected to a third terminal, wherein:

said switching means cyclically: (a) drives the first, second and third terminals low, to discharge the bucket capacitor and scoop capacitor; (b) sets the second terminal to high impedance and drives the third terminal high to thereby set said reference level charge of said bucket capacitor; (c) sets the first terminal to be a high impedance input and drives the second terminal high, to place the bucket capacitor and scoop capacitor in series, and (d) sets the second terminal to be a high impedance input and drives the first terminal low, to discharge the scoop capacitor without discharging the bucket capacitor; said input threshold switch is connected to one of said first terminal and said second terminal to receive a voltage therefrom when said one terminal is set to be said high impedance input; and said detector means samples, in relation to the cycling of said switching means, a state of said input threshold switch.

28. A capacitive sensing system according to claim 27, wherein said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor is connected to said third terminal through an impedance element.

29. A capacitive sensing system according to claim 28, wherein said impedance element comprises a resistor.

30. A capacitive sensing system according to claim 1, wherein said input threshold switch, said switching means, said detector means, said determining means and said signal generating means are provided within a control integrated circuit (IC) having three pins, said first conductor of said scoop capacitor being commonly connected, together with a first one of said pair of conductors of said bucket capacitor, to a first one of said pair of pins, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor being connected to a second of said three pins, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor further being connected to a third of said pins.

31. A capacitive sensing system according to claim 30, wherein:
said switching means cyclically: (a) clamps the first, second and third pins to ground, to discharge the bucket capacitor; (b) sets the first terminal to high impedance and drives the third terminal to thereby set a charge of said bucket capacitor at a repeatable non-zero reference level; (c) sets the second and third pins to be high impedance inputs and drives the first pin to charge the scoop capacitor without charging the bucket capacitor; and (d) sets the first pin to be a high impedance input and drives the second pin, to transfer charge of the scoop capacitor to the bucket capacitor;
said input threshold switch is connected to one of said first pin and said second pin to receive a voltage therefrom when said one pin is set to be said high impedance input; and
said detector means samples, in relation to the cycling of said switching means, a state of said input threshold switch.

32. A capacitive sensing system according to claim 30, wherein:
said switching means cyclically: (a) drives the first pin high, drives the second pin low, and sets the third terminal to high impedance, to charge the bucket capacitor; (b) sets the first pin to high impedance and drives the third pin low, to thereby drop the charge of said bucket capacitor to said reference level; (c) sets the second and third pins to be high impedance inputs and drives the first pin low, to discharge the scoop capacitor without discharging the bucket capacitor; and (d) sets said first pin to be a high impedance input and drives the second pin, to transfer charge from the bucket capacitor to the scoop capacitor;
said input threshold switch is connected to one of said first pin and said second pin to receive a voltage therefrom when said one pin is set to be said high impedance input; and
said detector means samples, in relation to the cycling of said switching means, a state of said input threshold switch.

33. A capacitive sensing system according to claim 30, wherein:
said switching means cyclically: (a) drives the first, second and third pins low, to discharge the bucket capacitor and scoop capacitor; (b) sets the second pin to high impedance and drives the third pin high to thereby set a charge of said bucket capacitor at a repeatable non-zero reference level; (c) sets the first pin to be a high impedance input and drives the second pin high, to place the bucket capacitor and scoop capacitor in series; and (d) sets said second pin to be a high impedance input and drives the first pin low, to discharge the scoop capacitor without discharging the bucket capacitor;
said input threshold switch is connected to one of said first pin and said second pin to receive a voltage therefrom when said one pin is set to be said high impedance input; and
said detector means samples, in relation to the cycling of said switching means, a state of said input threshold switch.

34. A method for sensing the presence of an object or body portion in contact with or close proximity to another object, comprising:
providing a first conductor capacitively coupled to a ground to thereby form a scoop capacitor having a capacitance which varies in relation to the proximity of said object or body portion to said conductor; a pair of second and third conductors forming a bucket capacitor having a capacitance which is larger than a maximum capacitance of said scoop capacitor; and an input threshold switch;
performing switching to selectively: connect at least one of said scoop capacitor and said bucket capacitor to a voltage source to charge said at least one capacitor, set a charge of said bucket capacitor at a repeatable non-zero reference level, vary the charge of said bucket capacitor from said reference level in relation to a relative size of said scoop capacitor, and apply a voltage of said bucket capacitor to said input threshold switch;
detecting an input state of said input threshold switch;
determining a value (TouchVal) relating to a number of cycles of said varying of the bucket capacitor charge, corresponding to a detection of a transition of said input threshold switch; and
generating, based upon TouchVal, a signal indicative of an ON state wherein said object or body portion is in contact with or close proximity to said another object, and an OFF state wherein said object or body portion is not in contact with or close proximity to said object.
35. A method for sensing according to claim 34, wherein the at least one capacitor comprises said scoop capacitor and said varying of the charge of said bucket capacitor comprises transferring charge from said scoop capacitor to said bucket capacitor.
36. A method for sensing according to claim 34, wherein the at least one capacitor comprises said bucket capacitor, and said varying of the charge of said bucket capacitor comprises transferring charge from said bucket capacitor to said scoop capacitor.
37. A method for sensing according to claim 34, wherein the at least one capacitor comprises said scoop capacitor and said bucket capacitor connected in series, and said varying of the charge of said bucket capacitor comprises charging said bucket capacitor with said voltage source, as regulated by said scoop capacitor.
38. A method for sensing according to claim 34, further comprising comparing TouchVal, or a number derived from TouchVal, with a predetermined threshold value (TouchOff), or a number derived from TouchOff; and wherein said signal generating generates said ON and OFF state indicating signals based upon an output of said comparing.
39. A method for sensing according to claim 34, wherein TouchVal for a control cycle n is a moving average value.
40. A method for sensing according to claim 38, further comprising dynamically adjusting the value of TouchOff in accordance with a relative decrease in the capacitance of said scoop capacitor occurring during said OFF state.
41. A method for sensing according to claim 40, further comprising deriving a value (TouchAvg) from TouchVal, wherein said comparing compares TouchAvg with TouchOff during said ON state.
42. A method for sensing according to claim 41, wherein TouchAvg is initially set to equal TouchVal upon a transition from the OFF state to the ON state, and the value of TouchAvg is incremented upon TouchVal exceeding TouchAvg for a predetermined interval.

43. A method for sensing according to claim 42, wherein said decrease in the capacitance of said scoop capacitor is determined from the occurrence of an increase in TouchVal during said OFF state.
44. A method for sensing according to claim 43, wherein said decrease in the capacitance of said scoop capacitor is determined from TouchVal remaining above TouchOff for a predetermined interval.
45. A method for sensing according to claim 38, further comprising deriving a value (TouchAvg) from TouchVal, wherein said comparing compares TouchAvg with TouchOff during said ON state.
46. A method for sensing according to claim 38, wherein in said signal generating, a transition from said OFF state to said ON state occurs upon TouchVal decreasing below TouchOff by a predetermined amount.
47. A method according to claim 38, wherein TouchOff is decremented upon TouchVal remaining below TouchOff for a predetermined interval.
48. A method for sensing according to claim 35, wherein:
said first conductor of said scoop capacitor is commonly connected, together with a first one of said pair of conductors of said bucket capacitor, to a first terminal, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor being connected to a second terminal, and said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor is further connected to a third terminal;
said switching cyclically: (a) clamps the first, second and third terminals to ground, to discharge the bucket capacitor; (b) sets the first terminal to high impedance and drives the third terminal to thereby set the charge of said bucket capacitor to said reference level; (c) sets the second and third terminals to be high impedance inputs and drives the first terminal to charge the scoop capacitor without charging the bucket capacitor, said input threshold switch being connected to one of said first terminal and said second terminal to receive a voltage therefrom when said one terminal is set to be said high impedance input; and (d) sets the first terminal to be a high impedance input and drives the second terminal, to transfer charge of the scoop capacitor to the bucket capacitor; and
said detecting comprises sampling, in relation to the cycling through steps (a)-(d), a state of said input threshold switch.
49. A method for sensing according to claim 36, wherein:
said first conductor of said scoop capacitor is commonly connected, together with a first one of said pair of conductors of said bucket capacitor, to a first terminal, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor being connected to a second terminal, and said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor is further connected to a third terminal;
said switching cyclically: (a) drives the first terminal high, drives the second terminal low and sets the third terminal to high impedance, to charge the bucket capacitor; (b) sets the first terminal to high impedance and drives the third terminal low to thereby drop the charge of said bucket capacitor to said reference level; (c) sets the second and third terminals to be high impedance inputs and drives the first terminal low, to discharge the scoop capacitor without discharging the bucket capacitor; and (d) sets said first terminal to be a high impedance input and drives the second terminal, to transfer charge from the bucket capacitor to the scoop capacitor, said input threshold switch being connected to one of said first terminal and said second terminal to receive a voltage therefrom when said one terminal is set to be said high impedance input; and
said detecting comprises sampling, in relation to the cycling through steps (a)-(d), a state of said input threshold switch.
50. A method for sensing according to claim 37, wherein:
said first conductor of said scoop capacitor is commonly connected, together with a first one of said pair

of conductors of said bucket capacitor, to a first terminal, the second of said pair of conductors of the bucket capacitor being connected to a second terminal, said first one of said pair of conductors of said bucket capacitor further being connected to a third terminal; said switching cyclically: (a) drives the first, second and third terminals low, to discharge the bucket capacitor and scoop capacitor; (b) sets the second terminal to high impedance and drives the third terminal high to thereby set said reference level charge of said bucket capacitor; (c) sets the first terminal to be a high impedance input and drives the second terminal high, to place the bucket capacitor and scoop capacitor in series; and (d) sets said second terminal to be a high impedance input and drives the first terminal low, to discharge the scoop capacitor without discharging the bucket capacitor, said input threshold switch being connected to one of said first terminal and said second terminal to receive a voltage therefrom when said one terminal is set to be said high impedance input; and said detecting comprises sampling, in relation to the cycling through steps (a)-(d), a state of said input threshold switch.

【特許請求の範囲】

【請求項1】

他の物体との接触、または近接する物体または身体の一部の存在を感知する静電容量感知システムであって、

接地に対して静電結合し、静電容量が、前記物体または身体の一部との近さに応じて変化するスクーフキャパシタを形成する第1の導体と、

前記スクーフキャパシタの最大容量よりも大きな容量を有するバケットキャパシタを形成する第2の導体及び第3の導体のペアと、

入力しきい値スイッチと、

前記バケットキャパシタの電荷を反復可能な非ゼロ基準レベルに設定する電荷設定手段と、

前記スクーフキャパシタ及び前記バケットキャパシタのうち少なくとも1つを電圧源に接続して前記少なくとも1つのキャパシタを充電し、前記電荷設定手段を前記バケットキャパシタに接続して前記バケットキャパシタの電荷を前記反復可能な非ゼロ基準レベルに設定し、前記バケットキャパシタの電荷を前記スクーフキャパシタの相対的サイズに関して前記電荷設定手段により設定した前記基準レベルから変化させ、前記バケットキャパシタの電圧を前記入力しきい値スイッチに印加することを選択的に行うためのスイッチング手段と、

前記入力しきい値スイッチの入力状態を検出するための検出手段と、

該検出手段により前記入力しきい値スイッチの遷移が検出されたことに対応する前記バケットキャパシタの電荷の前記変化のサイクル数に関する値(Touch Val)を判別する判別手段と、

該Touch Valに基づいて、前記物体または身体の一部が前記他の物体と接触または近接するON状態と、前記物体または身体の一部が前記他の物体と接触または近接していないOFF状態を示す信号を発生する信号発生手段とを備えたことを特徴とする静電容量感知システム。

【請求項2】

前記少なくとも1つのキャパシタが、前記スクーフキャパシタを含み、前記バケットキャパシタの電荷の前記変化に前記スクーフキャパシタから前記バケットキャパシタへ電荷を移動することを特徴とする請求項1に記載の静電容量感知システム。

【請求項3】

前記少なくとも1つのキャパシタが、前記バケットキャパシタを含み、該バケットキャパシタの電荷の前記変化に前記バケットキャパシタから前記スクーフキャパシタへ電荷を移動することを特徴とする請求項1に記載の静電容量感知システム。

【請求項4】

前記少なくとも1つのキャパシタが、直列に接続されている前記スクーフキャパシタと前記バケットキャパシタを含み、該バケットキャパシタの電荷の前記変化に、前記スクーフキャパシタにより安定化される前記電圧源で前記バケットキャパシタを充電することを特徴とする請求項1に記載の静電容量感知システム。

【請求項5】

前記Touch Val、または前記Touch Valから導かれた数値と所定のしきい値(Touch Off)、または該Touch Offから導かれた数値とを比較する比較手段を備え、前記信号発生手段が前記比較手段の出力に基づいて信号を示す前記ONおよびOFF状態を発生することを特徴とする請求項1に記載の静電容量感知システム。

【請求項6】

前記物体がコンピュータ周辺機器であり、前記第1の導体が前記コンピュータ周辺機器に取り付けられていることを特徴とする請求項1に記載の静電容量感知システム。

【請求項7】

前記コンピュータ周辺機器が別のホストコンピュータにリンク可能な外部コンピュータ周

10

20

30

40

50

辺機器であり、前記周辺機器が電源を組み込むことを特徴とする請求項6に記載の静電容量感知システム。

【請求項8】

前記外部コンピュータ周辺機器が、ハード配線接続なしでホストコンピュータにリンク可能であることを特徴とする請求項7に記載の静電容量感知システム。

【請求項9】

前記外部コンピュータ周辺機器が、オフティカルトラッキングエンジンを備えるカーソル制御デバイスであることを特徴とする請求項8に記載の静電容量感知システム。

【請求項10】

前記カーソル制御デバイスが、マウスが置かれている平面上でトラッキングを行うように構成されたコンピュータ用のマウスであることを特徴とする請求項9に記載の静電容量感知システム。

【請求項11】

制御サイクルnに対する前記Touch Valが、移動平均値であることを特徴とする請求項11に記載の静電容量感知システム。

【請求項12】

前記OFF状態のときに発生する前記スクーフキャパシタの静電容量の相対的減少に応じて、前記Touch Offの値を動的に調整するしきい値カウンタ判別手段を備えることを特徴とする請求項5に記載の静電容量感知システム。

【請求項13】

前記Touch Valから値(Touch Avg)を導く手段を備え、前記ON状態のときに前記比較手段で前記Touch AvgとTouch Offとを比較することとを特徴とする請求項12に記載の静電容量感知システム。

【請求項14】

前記Touch AvgがOFF状態からON状態へ遷移した後、最初に前記Touch Valに設定され、該Touch Valが所定の間隔の間に前記Touch Avgを超えたと該Touch Avgの値がインクリメントされることを特徴とする請求項13に記載の静電容量感知システム。

【請求項15】

前記スクーフキャパシタの静電容量の前記減少が、前記OFF状態のときに前記Touch Valの増加の発生から判別されることを特徴とする請求項12に記載の静電容量感知システム。

【請求項16】

前記スクーフキャパシタの静電容量の前記減少が、所定の間隔の間に前記Touch Valが前記Touch Offよりも高いままであることから判別されることを特徴とする請求項15に記載の静電容量感知システム。

【請求項17】

前記Touch Valから値(Touch Avg)を導く手段を備え、前記ON状態のときに前記比較手段で前記Touch Avgと前記Touch Offとを比較することとを特徴とする請求項5に記載の静電容量感知システム。

【請求項18】

前記Touch Valが所定の量だけ前記Touch Offよりも小さくなったときに前記信号発生手段が前記OFF状態から前記ON状態へ遷移することを特徴とする請求項5に記載の静電容量感知システム。

【請求項19】

所定の間隔の間に、前記Touch Valが前記Touch Offよりも低いままであると、前記システムが前記Touch Offをデクリメントすることとを特徴とする請求項5に記載の静電容量感知システム。

【請求項20】

前記入力しきい値スイッチが、CMOSトランジスタを備えていることを特徴とする請求

10

20

30

40

50

項 1 に記載の静電容量感知システム。

【請求項 2 1】

前記スクーフキャパシタの前記第 1 の導体を前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち第 1 の導体とともに第 1 の端子に普通に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち第 2 の導体を第 2 の端子に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち前記第 1 の導体をさらに第 3 の端子に接続し、
前記スイッチング手段は循環的に、(a) 前記第 1、第 2、および第 3 の端子をグラウンドにクランプして前記バケットキャパシタを放電し、(b) 前記第 1 の端子をハイインピーダンスに設定し、前記第 3 の端子を駆動して前記バケットキャパシタの前記基準レベル電荷を設定し、(c) 前記第 2 および第 3 の端子をハイインピーダンス入力に設定して前記第 1 の端子を駆動し、前記バケットキャパシタを充電することなく前記スクーフキャパシタを充電し、(d) 前記第 1 の端子をハイインピーダンス入力に設定し、前記第 2 の端子を駆動して、前記スクーフキャパシタから前記バケットキャパシタに電荷を移動し、前記入出力しきい値スイッチは前記第 1 の端子と前記第 2 の端子のうちの 1 つに接続し、前記 1 つの端子が前記ハイインピーダンス入力に設定されているときに電圧を受け取り、前記検出手段が、前記スイッチング手段のサイクル動作に関して、前記入出力しきい値スイッチの状態をサンプリングすることと特徴とする請求項 2 に記載の静電容量感知システム。

10

【請求項 2 2】

前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち前記第 1 の導体を、インピーダンス素子を通じて前記第 3 の端子に接続することと特徴とする請求項 2 1 に記載の静電容量感知システム。

20

【請求項 2 3】

前記インピーダンス素子が、抵抗器を含むことを特徴とする請求項 2 2 に記載の静電容量感知システム。

【請求項 2 4】

前記スクーフキャパシタの前記第 1 の導体を前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち第 1 の導体とともに第 1 の端子に普通に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち第 2 の導体を第 2 の端子に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち前記第 1 の導体をさらに第 3 の端子に接続し、
前記スイッチング手段は循環的に、(a) 前記第 1 の端子を高にし、第 2 の端子を低にし、第 3 の端子をハイインピーダンスに設定して、前記バケットキャパシタを充電し、(b) 前記第 1 の端子をハイインピーダンスに設定し、前記第 3 の端子を低にして前記バケットキャパシタの電荷を前記基準電荷レベルに下げ、(c) 前記第 2 および第 3 の端子をハイインピーダンス入力に設定して前記第 1 の端子を低にし、前記バケットキャパシタを放電することなく前記スクーフキャパシタを放電し、(d) 前記第 1 の端子をハイインピーダンス入力に設定し、前記第 2 の端子を駆動して、前記バケットキャパシタから前記スクーフキャパシタに電荷を移動し、
前記入出力しきい値スイッチは前記第 1 の端子と前記第 2 の端子のうちの 1 つに接続し、前記 1 つの端子が前記ハイインピーダンス入力に設定されているときに電圧を受け取り、前記検出手段が、前記スイッチング手段のサイクル動作に関して、前記入出力しきい値スイッチの状態をサンプリングすることと特徴とする請求項 3 に記載の静電容量感知システム。

30

40

【請求項 2 5】

前記バケットキャパシタの導体の前記ヘアのうち前記第 1 の導体を、インピーダンス素子を通じて前記第 3 の端子に接続することと特徴とする請求項 2 4 に記載の静電容量感知システム。

【請求項 2 6】

前記インピーダンス素子が、抵抗器を含むことを特徴とする請求項 2 5 に記載の静電容量感知システム。

50

【請求項 27】

前記スクーフキャパシタの前記第1の導体を前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第1の導体とともに第1の端子に普通に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第2の導体を第2の端子に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち前記第1の導体をさらに第3の端子に接続し、
 前記スイッチング手段は循環的に、(a)前記第1、第2、および第3の端子を低にして前記バケットキャパシタとスクーフキャパシタを放電し、(b)前記第2の端子をハイインピーダンスに設定し、前記第3の端子を高にして前記バケットキャパシタの前記基準レベル電荷を設定し、(c)前記第1の端子をハイインピーダンス入力に設定して前記第2の端子を高にし、前記バケットキャパシタおよびスクーフキャパシタを直列に配置し、(d)前記第2の端子をハイインピーダンス入力に設定し、前記第1の端子を低にして、前記バケットキャパシタを放電することなく前記スクーフキャパシタを放電し、
 前記入力きい値スイッチは前記第1の端子と前記第2の端子のうちの1つに接続し、前記1つの端子が前記ハイインピーダンス入力に設定されているときに電圧を受け取り、
 前記検出手段が、前記スイッチング手段のサイクル動作に関して、前記入力きい値スイッチの状態をサンプリングすることと特徴とする請求項4に記載の静電容量感知システム。

10

【請求項 28】

前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち前記第1の導体を、インピーダンス素子を通じて前記第3の端子に接続することと特徴とする請求項27に記載の静電容量感知システム。

20

【請求項 29】

前記インピーダンス素子が、抵抗器を含むことを特徴とする請求項28に記載の静電容量感知システム。

【請求項 30】

前記入力きい値スイッチ、前記スイッチング手段、前記検出手段、前記判別手段、および前記信号発生手段を、3本のピンを備える制御用集積回路(IC)内に実現し、前記スクーフキャパシタの前記第1の導体を、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうちの第1の導体とともに、前記ピンのベアのうちの第1のピンに普通に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうちの第2の導体を前記3本のピンのうちの第2のピンに接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうちの第2の導体をさらに前記ピンのうちの第3のピンに接続することと特徴とする請求項1に記載の静電容量感知システム。

30

【請求項 31】

前記スイッチング手段は循環的に、(a)前記第1、第2、および第3のピンをグラウンドにクランプして前記バケットキャパシタを放電し、(b)前記第1の端子をハイインピーダンスに設定し、前記第3の端子を駆動して前記バケットキャパシタの電荷を反復可能な非ゼロ基準レベルに設定し、(c)前記第2および第3のピンをハイインピーダンス入力に設定して前記第1のピンを駆動し、前記バケットキャパシタを充電することなく前記スクーフキャパシタを充電し、(d)前記第1のピンをハイインピーダンス入力に設定し、前記第2のピンを駆動して、スクーフキャパシタの電荷をバケットキャパシタに移動し、

40

前記入力きい値スイッチは前記第1のピンと前記第2のピンのうちの1つに接続し、前記1つのピンが前記ハイインピーダンス入力に設定されているときに電圧を受け取り、
 前記検出手段が、前記スイッチング手段のサイクル動作に関して、前記入力きい値スイッチの状態をサンプリングすることと特徴とする請求項30に記載の静電容量感知システム。

【請求項 32】

前記スイッチング手段は循環的に、(a)前記第1のピンを高にし、第2のピンを低にし、第3の端子をハイインピーダンスに設定して、前記バケットキャパシタを充電し、(b)

50

前記第1のピンをハイインピーダンスに設定し、前記第3のピンを低にして、前記バケットキャパシタの電荷を前記基準電荷レベルに下げ、(c)前記第2および第3のピンをハイインピーダンス入力に設定して、前記第1のピンを低にし、前記バケットキャパシタを放電することなく前記スクウェアキャパシタを放電し、(d)前記第1のピンをハイインピーダンス入力に設定し、前記第2の端子を駆動して、前記バケットキャパシタから前記スクウェアキャパシタに電荷を移動し、前記入力しきい値スイッチは前記第1のピンと前記第2のピンのうちの1つに接続し、前記1つのピンが前記ハイインピーダンス入力に設定されているときに電圧を受け取り、前記検出手段が、前記スイッチング手段のサイクル動作に関して、前記入力しきい値スイッチの状態をサンプリングすることと特徴とする請求項30に記載の静電容量感知システム。

【請求項33】

前記スイッチング手段は循環的に、(a)前記第1、第2、および第3のピンを低にして前記バケットキャパシタとスクウェアキャパシタを放電し、(b)前記第2のピンをハイインピーダンスに設定し、前記第3のピンを高にして前記バケットキャパシタの電荷を反復可能な非ゼロ基準レベルに設定し、(c)前記第1のピンをハイインピーダンス入力に設定して前記第2のピンを高にし、前記バケットキャパシタおよびスクウェアキャパシタを直列に配置し、(d)前記第2のピンをハイインピーダンス入力に設定し、前記第1のピンを低にして、前記バケットキャパシタを放電することなく前記スクウェアキャパシタを放電し、前記入力しきい値スイッチは前記第1のピンと前記第2のピンのうちの1つに接続し、前記1つのピンが前記ハイインピーダンス入力に設定されているときに電圧を受け取り、前記検出手段が、前記スイッチング手段のサイクル動作に関して、前記入力しきい値スイッチの状態をサンプリングすることと特徴とする請求項30に記載の静電容量感知システム。

【請求項34】

他の物体との接触、または近接する物体または身体の一部の存在を感知する静電容量感知方法であって、接地に対して静電結合し、静電容量が前記物体または身体の一部との近さに応じて変化するスクウェアキャパシタを形成する第1の導体と、前記スクウェアキャパシタの最大容量よりも大きな容量を持つバケットキャパシタを形成する第2の導体及び第3の導体のペアと、入力しきい値スイッチを提供するステップと、前記スクウェアキャパシタ及び前記バケットキャパシタのうちの少なくとも1つを電圧源に接続して前記少なくとも1つのキャパシタを充電し、前記バケットキャパシタの電荷を反復可能な非ゼロ基準レベルに設定し、前記スクウェアキャパシタの相対的サイズに関して前記バケットキャパシタの前記電荷を前記基準レベルから変化させ、前記バケットキャパシタの電圧を前記入力しきい値スイッチに印加することを選択的に行うためスイッチングを実行するステップと、前記入力しきい値スイッチの入力状態を検出するステップと、該入力しきい値スイッチの遷移が検出されたことに対応する前記バケットキャパシタの電荷の前記変化のサイクル数に関する値(Touch Value)を判別するステップと、前記Touch Valueに基づいて、前記物体または身体の一部が前記他の物体と接触または近接するON状態と、前記物体または身体の一部が前記他の物体と接触または近接していないOFF状態を示す信号を発生するステップとを有することと特徴とする静電容量感知方法。

【請求項35】

前記少なくとも1つのキャパシタが前記スクウェアキャパシタを含み、前記バケットキャパシタの電荷の前記変化に前記スクウェアキャパシタから前記バケットキャパシタへ電荷を移動することと特徴とする請求項34に記載の静電容量感知方法。

【請求項36】

10

20

30

40

50

前記少なくとも１つのキャパシタが前記バケットキャパシタを含み、前記バケットキャパシタの電荷の前記変化に前記バケットキャパシタから前記スクーフキャパシタへ電荷を移動することを特徴とする請求項３４に記載の静電容量感知方法。

【請求項３７】

前記少なくとも１つのキャパシタが直列に接続されている前記スクーフキャパシタと前記バケットキャパシタを含み、前記バケットキャパシタの電荷の前記変化に、前記スクーフキャパシタにより安定化される前記電圧源で前記バケットキャパシタを充電することを特徴とする請求項３４に記載の静電容量感知方法。

【請求項３８】

前記 T_{ouch} V_{al} 、または該 T_{ouch} V_{al} から導かれた数値と所定のしきい値 (T_{ouch} O_{ff})、または該 T_{ouch} O_{ff} から導かれた数値とを比較することを含み、前記信号発生手段が前記比較手段の出力に基づいて信号を示す前記 ON および OFF 状態を発生することを特徴とする請求項３４に記載の静電容量感知方法。

【請求項３９】

制御サイクル n に対する前記 T_{ouch} V_{al} が移動平均値であることを特徴とする請求項３４に記載の静電容量感知方法。

【請求項４０】

前記 OFF 状態のときに発生する前記スクーフキャパシタの前記静電容量の相対的減少に応じて前記 T_{ouch} O_{ff} の値を動的に調整することを特徴とする請求項３８に記載の静電容量感知方法。

【請求項４１】

前記 T_{ouch} V_{al} から値 (T_{ouch} AV_{g}) を導くことを含み、前記 ON 状態のときに前記 T_{ouch} AV_{g} と前記 T_{ouch} O_{ff} とを比較すること特徴とする請求項４０に記載の静電容量感知方法。

【請求項４２】

前記 T_{ouch} AV_{g} が OFF 状態から ON 状態へ遷移した後、最初に前記 T_{ouch} V_{al} が設定され、該 T_{ouch} V_{al} が所定の間隔の間に前記 T_{ouch} AV_{g} を超えるとき前記 T_{ouch} AV_{g} の値がインクリメントされることを特徴とする請求項４１に記載の静電容量感知方法。

【請求項４３】

前記スクーフキャパシタの静電容量の前記減少が、前記 OFF 状態のときに前記 T_{ouch} V_{al} の増加の発生から判別されることを特徴とする請求項４２に記載の静電容量感知方法。

【請求項４４】

前記スクーフキャパシタの静電容量の前記減少が、所定の間隔の間に前記 T_{ouch} V_{al} が前記 T_{ouch} O_{ff} よりも高いままであることから判別されることを特徴とする請求項４３に記載の静電容量感知方法。

【請求項４５】

前記 T_{ouch} V_{al} から値 (T_{ouch} AV_{g}) を導くことを含み、前記 ON 状態のときに前記 T_{ouch} AV_{g} と前記 T_{ouch} O_{ff} とを比較すること特徴とする請求項３８に記載の静電容量感知方法。

【請求項４６】

前記信号発生において、前記 T_{ouch} V_{al} が所定の量だけ前記 T_{ouch} O_{ff} よりも小さくなったときに前記 OFF 状態から前記 ON 状態へ遷移することを特徴とする請求項３８に記載の静電容量感知方法。

【請求項４７】

所定の間隔の間に前記 T_{ouch} V_{al} が前記 T_{ouch} O_{ff} よりも低いままであるとき該 T_{ouch} O_{ff} がデクリメントされることを特徴とする請求項３８に記載の静電容量感知方法。

【請求項４８】

10

20

30

40

50

前記スクーフキャパシタの前記第1の導体を前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第1の導体とともに、第1の端子に普通に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第2の導体を第2の端子に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち前記第1の導体をさらに第3の端子に接続し、前記スイッチングは循環的に、(a)前記第1、第2、および第3の端子をグラウンドにクランプして前記バケットキャパシタを放電し、(b)前記第1の端子をハイインピーダンスに設定し、前記第3の端子を駆動して前記バケットキャパシタの前記電荷を前記基準レベルに設定し、(c)前記第2および第3の端子をハイインピーダンス入力に設定して前記第1の端子を駆動し、前記バケットキャパシタを充電することなく前記スクーフキャパシタを充電し、前記入力しきい値スイッチを前記第1の端子および前記第2の端子のうちの1つに接続して前記1つの端子が前記ハイインピーダンス入力に設定されているときにそこから電圧を受け取るようにし、(d)前記第1の端子をハイインピーダンス入力に設定し、前記第2の端子を駆動して、前記スクーフキャパシタから前記バケットキャパシタに電荷を移動し、前記検出が、ステップ(a)～(d)までのサイクル動作に関して前記入力しきい値スイッチの状態をサンプリングすることを含むことを特徴とする請求項35に記載の静電容量感知方法。

【請求項49】

前記スクーフキャパシタの前記第1の導体を前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第1の導体とともに、第1の端子に普通に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第2の導体を第2の端子に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち前記第1の導体をさらに第3の端子に接続し、前記スイッチングは循環的に、(a)前記第1の端子を高にし、第2の端子を低にし、第3の端子をハイインピーダンスに設定して、前記バケットキャパシタを充電し、(b)前記第1の端子をハイインピーダンスに設定し、前記第3の端子を低にして前記バケットキャパシタの電荷を前記基準レベルに下げ、(c)前記第2および第3の端子をハイインピーダンス入力に設定して前記第1の端子を低にし、前記バケットキャパシタを放電することなく前記スクーフキャパシタを放電し、(d)前記第1の端子をハイインピーダンス入力に設定し、前記第2の端子を駆動して、前記バケットキャパシタから前記スクーフキャパシタに電荷を移動し、前記入力しきい値スイッチを前記第1の端子と前記第2の端子のうちの1つに接続して、前記1つの端子が前記ハイインピーダンス入力に設定されたときにそこから電圧を受け取るようにし、前記検出が、ステップ(a)～(d)までのサイクル動作に関して前記入力しきい値スイッチの状態をサンプリングすることを含むことを特徴とする請求項36に記載の静電容量感知方法。

【請求項50】

前記スクーフキャパシタの前記第1の導体を前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第1の導体とともに、第1の端子に普通に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち第2の導体を第2の端子に接続し、前記バケットキャパシタの導体の前記ベアのうち前記第1の導体をさらに第3の端子に接続し、前記スイッチングは循環的に、(a)前記第1、第2、および第3の端子を低にして前記バケットキャパシタとスクーフキャパシタを放電し、(b)前記第2の端子をハイインピーダンスに設定し、前記第3の端子を高にして前記バケットキャパシタの前記基準レベル電荷を設定し、(c)前記第1の端子をハイインピーダンス入力に設定して前記第2の端子を高にし、前記バケットキャパシタおよびスクーフキャパシタを直列に配置し、(d)前記第2の端子をハイインピーダンス入力に設定し、前記第1の端子を低にして、前記バケットキャパシタを放電することなく前記スクーフキャパシタを放電し、前記入力しきい値スイッチを前記第1の端子と前記第2の端子のうちの1つに接続して、前記1つの端子が前記ハイインピーダンス入力に設定されたときにそこから電圧を受け取るようにし、前記検出が、ステップ(a)～(d)までのサイクル動作に関して前記入力しきい値スイッ

10

20

30

40

50

チの状態をサンプリングすることを含むことを特徴とする請求項37に記載の静電容量感知方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、反復可能オフセット電荷を採用した静電容量感知システム及びその方法に関し、特に、電子デバイス、特に手動データ入力デバイス(hand operated data input devices)の消費電力のパワーマネジメント、およびその他の目的に有利に使用できる感知システム(sensing systems)及びその方法に関するものである。より具体的には、電力消費量が比較的大きなコンポーネントを備えるワイヤレスデータ入力デバイス(wireless input devices)のバッテリー電力節約(conservе battery power)に使用できる静電容量感知システム及びその方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

ポータブルコンピュータやパーソナルデータアシスタント(PDA)、タブレットコンピュータ、携帯電話、ポケットベル、およびワイヤレスコンピュータ周辺機器などではバッテリー電力に大きく依存するので電子デバイスのパワーマネジメント機能(power management)がますます重要になってきている。このようなデバイスのコンポーネントは消費電力が次第に大きくなってきており、バッテリー交換または再充電間隔を延ばす要求が高まっている。このようなデバイスは、すぐに使用できるようにスイッチがオンになっていることが多く、かなりの時間やアイドル状態に置かれる。つまり、低電力モードを使用することでバッテリー電力の消費を低減する機会が存在している。

【0003】

近年、ホストコンピュータとともに使用するのに適したワイヤレス周辺機器が導入されている。特に、マウスやトラックボールなどのカーソル制御(ポインティング)デバイスはワイヤレス化され、デバイスにバッテリー電源を組み込み、赤外線またはRF送信機/受信機ペアなどのワイヤレスデータリンクを備えている。効果的なパワーマネジメント機能がないと、このようなワイヤレス周辺機器を連続動作させた場合に、デバイスの限られたバッテリーがたちまち消耗してしまい、バッテリー交換や再充電を頻繁に行う必要が生じる。

【0004】

他の技術開発では、表面オプティカルトラッキングシステム(optical surface tracking systems)を利用するカーソル制御デバイスが導入され、従来の光・電気エンコーダホイール構成(optoelectric encoder wheel arrangement)に頼っているデバイスに代わって使用されることが多くなってきている。オプティカルトラッキング機能(optical tracking)は、トラッキングが行われる支持面および/またはユーザの手から汚れや油分などを拾って、不具合を起こしがちな可動部分(例えば、ボールおよび関連するエンコーダホイール)がなくトラッキングの信頼性および精度に優れる。他方、オプティカルトラッキング機能は、トラッキング可能な表面に光を当て、そのトラッキング可能な表面から反射した光(イメージ情報)を受信して処理するためにかなり大きな回路駆動電力を必要とする。

オプティカルトラッキングシステムの例および関連する信号処理手法は、特許文献1に開示されており、この内容は本発明に取り込まれている。

【0005】

これまで、オプティカルトラッキングシステムは、オプティカルトラッキングシステムとワイヤレスデータ送信機に必要な電力が比較的大きいため、ワイヤレスカーソル制御デバイスでの使用が限られていた。最近の市販製品であるLogitech Cordless Mouseman(登録商標)Opticalでは、複数のスリープおよびスリープ解除モード(sleep and awake modes)を利用してバッテリーの寿命を

10

20

30

40

50

延はしている。完全実行モード (full run mode) から一連の低電力モードへの切り替えは、ユーザが不活動状態の時間に基づいて実行される。ユーザがマウスを動かしたり、マウスボタンをクリックしたりすると、マウスは完全実行モードに復帰する。

【0006】

さまざまな種類のユーザ近接検出器が知られており、パワーマネジメントシステムおよび多数の他のアプリケーションで使用されている。例えば、(例えば、特許文献2参照)では、コンピュータ周辺デバイス(例えば、ディスプレイモニタまたはプリンタ)と電源との接続のオン、オフを行うフロセッサベースの制御システムについて記述している。制御は、キーボード、マウス、プリンタ、またはオキュパンシーセンサ(occupancy sensor)などの入力ソースから受信した入力活動信号に基づく。

10

【0007】

特許文献3には、情報処理装置用の省電力制御構成について記載されている。より具体的には、(1)ユーザ関連媒体の装置への接近(または装置との接触)を検出し、(2)このような接触または接近が検出されたときに装置の制御されている対象を非省電力状態にし、(3)ユーザ関連媒体(つまり、スタイラスペンまたはユーザの身体の一部)が存在していることが所定の期間検出されないときに制御されている対象を省電力状態にすることにする各種のシステムについて記述している。

【0008】

また、この特許文献3には、さまざまな種類の接近/接触センサについて説明されている。特に、電磁気、静電容量、および静電気結合タプレットなどのさまざまな「タプレット」タイプのセンサシステムが説明されている。一実施形態では、接触または接近検出タプレットおよびフラットディスプレイパネルを情報処理装置のハウジングに一体形成する。

20

【0009】

また、特許文献4には、ユーザの接近または存在を検出することに基づき、飲料水供給装置または洗面台の水栓のオン、オフを制御するために使用される容量性電界検出器(capacitive field detector)について記載されている。

【0010】

この特許文献4の一実施形態では、電圧制限電流ソースにより充電電流フレートに給電する。充電期間が終わったときに、マイクロプロセッサによって制御される放電用スイッチ(discharge switch)が瞬時閉じて、感知フレートが電荷検出器、例えば、電荷検出キャパシタに放電される。移動する電荷量は、感知フレートの容量を表す。充電放電プロセスは何回も繰り返すことができ、その際に、電荷測定手段により複数の動作サイクルでフレートからの電荷を集める。充電および放電を所定の回数を繰り返した後、電荷検出器の最終的電荷合計量をA/Dコンバータにより調べると、コントローラは出力制御信号を出力線に出し、これを使用して水栓を開くことができる。読み取りする毎に、コントローラは電荷検出器をリセットして、フレートから新たに電荷を蓄積できるようにする。それとは別に、コントローラは放電用スイッチの個々のサイクル毎に読み取りを行い、その後数サイクルにわたって読み取り値を積分し(または他の方法で過し)て、論理的決定を下して制御出力を出すことができる。

30

【0011】

また、特許文献5には、パーソナルコンピュータで使用される電力を低減するシステムについて説明されている。より具体的には、ユーザの活動状態に応じてパーソナルコンピュータの一部の消費電力を下げ、1つまたは複数のセンサによりユーザの活動が検出されるとそれらの部分への供給電力を復帰する電力制御回路が開示されている。電力が低減される(または停止される)コンポーネントは、オンにしたときにほとんど即座に応答できるコンポーネントである。一方、完全な動作状態に復帰するのに一定時間がかかるコンポーネント(例えば、ディスプレイのモータ、モニタ、メインプロセッサ)は全出力で駆動される。開示されている主実施形態では、センサはキーボードに装着された圧電センサである。

40

【0012】

50

また、特許文献5には、コンピュータの他の場所（モニタ、マウス、トラックボール、タッチパッド、またはタッチスクリーン）にセンサを配置し、圧電センサの代わりに他のさまざまな種類のセンサ（容量、圧力、温度、光）を使用することができる。

【0013】

また、特許文献6には、静電容量感知およびデータ入力デバイスのパワーマネジメントシステムと方法を開示している。開示されている実施形態では、静電容量近接感知システムは、導体と周囲の接地平面により形成される「スクープ（Scoop）」キャパシタの容量の相対的变化を検出することにより実行される。この導体は、導電性インクで印刷された粘着剤付ラベルの形態で用意されているフレートとすることができる。スクープキャパシタと比較的大きな「バケットキャパシタ（bucket capacitor）」との間で電荷が移動し、バケットキャパシタの電圧が入力しきい値スイッチに印加される。入力しきい値の低から高（または高から低）への状態遷移と、この状態遷移を引き起こすのに必要な電荷移動のサイクル数を示す値を決定する。デバイスに接近している、または接触している物体または身体部分の有無は、この値と所定のしきい値とを比較することにより求められる。環境要因によって引き起こされるスクープキャパシタの容量の変化を考慮して所定のしきい値を調整することができる。

【0014】

上述したシステムを、例えば、ワイヤレスオプティカルマウスまたはハンドヘルドデジタルペン（handheld digitizing pen）で実装すると、ユーザの手が近接したときに発生する環境の静電容量の変化が検出され、マウス/ペンが使用されていないときに大電流（またはその他の種類の）トラッキングシステムをオフにすることにより省電力を果すことができる。この状態の判別には、マイクロプロセスの一連の周期的動作が必要であり、検出間隔で大きな電流が引き込まれる。タッチシステムが作動する毎に、0ボルトから内部コンパレータによって決定された任意のしきい値まで「バケット」キャパシタが充電されると、カウントが発生するため、この間隔は、比較的長い。

【0015】

通常のマウスユーザはマウスの応答に少しのタイムラグや遅延を望まない。ユーザは一般に、約0.01iPSまでの下がる動作に敏感であり、マウスを約25iPSまで動かすことができる。オプティカルトラッキング機能は、ユーザの感度に釣り合った反応レベルに対応できる。しかし、静電容量感知方法（例えば、特許文献6参照）で説明しているものを使用してオペレータ対話操作を検出する場合、強引なユーザ、例えば、マウスやその他のゲーム用周辺機器（例えば、ゲームパッド）を使用している利用者は、手による操作を正常に検出するために一定間隔の遅延が必要なのに、速く動かし過ぎて反応が追いつかない場合がある。高速サンプリングを行えば、反応性の顕著な不足が緩和されるが、逆にサンプリングが増えることでバッテリーの寿命に悪影響が及ぶことがある。

【0016】

マウスおよびその他のデータ入力デバイスでオプティカルトラッキングにバッテリーの電力を使用することは、パワーマネジメントの観点からは大きな問題である。知られているオプティカルトラッキングエンジンでは、限られたバッテリー電源からかなりの電流を必要とする。さらに、手が存在していることを検出するのに要する時間とエネルギーもまた、検出サンプリングを実行する周期（頻度）を制限する。検出システムが高速で電力効率が高いほど、サンプリングの周期を高めることができるが、したがって、手の存在の検出速度が向上し、かつ/またはバッテリーの寿命が延びる。

【0017】

【特許文献1】

米国特許第6172354号明細書

【特許文献2】

米国特許第5408668号明細書

【特許文献3】

10

20

30

40

米国特許第5396443号明細書

【特許文献4】

米国特許第5780165号明細書

【特許文献5】

米国特許第5669004号明細書

【特許文献6】

米国特許出願番号09/948099（特許第20020035701号）

【0018】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、検出の信頼性を高めながら、データ入力デバイス、例えばマウスと接触または近接している人間の手または他の手段が存在していることを正常に検出するために必要な時間とエネルギーを緩和することである。本発明の静電容量感知システム及びその方法は、ユーザ操作データ入力デバイスのパワーマネジメントを効果的に行うのに都合よく使用することができる。しかし、本発明は、パワーマネジメント機能に限られるわけではなく、高い信頼性でかつ効率よく、他の物体と接触または近接している物体または身体の一部の有無を感知することが望まれる本質的にどのようなアプリケーション（データ入力デバイスなどの手段）でも実装できる。特に好都合な用途は、（例えば、特許文献6参照）述べているように本発明の静電容量感知システムとパワーマネジメントシステムおよび方法との組み合わせであり、ワイヤレスカーソル制御デバイス（例えば、マウスまたはトラックボールデバイス）またはその他のユーザ操作データ入力デバイス、例えば、ゲームパッドなどのワイヤレスゲーム周辺機器、またはハンドヘルドデジタル化ペン、特に比較的大きな電力を引き込む回路コンポーネント（例えば、オプティカルトラッキングシステムをおよび／またはRF送信機）を含むもののバッテリー寿命をかなり延ばすことができる。

【0019】

本発明の静電容量感知システム及びその方法は、パケットキャパシタの任意のただし反復可能な非ゼロオフセット電荷レベルが検出シーケンスの開始時に設定されるように修正することができる。パケットキャパシタに誘起されるこのようなオフセット電荷により、カウント範囲をオフセット電荷に比例する量だけ低減することができる。例えば、サンプリング期間が半分に減り得るオフセット電荷では、手の存在の判別が2倍の頻度で実行することができる。オペレータの操作に対するシステムの反応性が2倍になる。同様に、サンプリング期間を4分の1に減らすオフセットだと、反応性が2:1に改善されるだけでなく、マウスのサスペンド状態で検出を実行するのに必要な電力を半分に減らすことができる。本発明を利用すると、これらのパラメーターが両方とも最適化されるようにオフセット電荷および閾値率を選択することができる。

【0020】

本発明の一実施形態では、制御マイクロプロセッサの未使用またはマルチファンクションポートのピンに抵抗器を配線し、マイクロプロセッサがサンプリング期間の前にパケットキャパシタ電流を流し込むようにできる。電荷注入は、印加電圧持続時間、抵抗値、およびパケットキャパシタ値の関数として変化する。本発明によれば、プリチャージ（Precharge）は繰り返しが可能であり、サンプリング間隔の通常動作範囲よりも下である。各サンプリング間隔は100〜110カウントではなく、例えば、20または30カウントまで累計される。

【0021】

第1の様態では、本発明は、他の物体と接触または近接する物体または身体の一部の存在を感知する静電容量感知システムにおいて実現される。第1の導体は接地に対し静電結合しており、静電容量が物体または身体の一部と導体との近きに応じ変化するスクウェアキャパシタを形成する。第2の導体と第3の導体のペアが、スクウェアキャパシタの最大容量よりも大きな容量を持つパケットキャパシタを形成し、入力しきい値スイッチが実現される。パケットキャパシタの電荷を反復可能な非ゼロ基準レベルに設定する電荷設定手段を用

10

20

30

40

50

意する。スクープキャパシタおよびパケットキャパシタのうち少なくとも1つを電圧源に接続して少なくとも1つのキャパシタを充電し、電荷設定手段をパケットキャパシタに接続してパケットキャパシタの電荷を反復可能な非ゼロ基準レベルに設定し、パケットキャパシタの電荷をスクープキャパシタの相対的サイズに関して電荷設定手段により設定した基準レベルから変化させ、パケットキャパシタの電圧を入力しきい値スイッチに印加することを選択的に行うためのスイッチング手段を備える。入力しきい値スイッチの入力状態を検出するための検出器手段を備える。判別手段では、検出器手段により入力しきい値スイッチの遷移が検出されたことに対応するパケットキャパシタの電荷の変化のサイクル数に関する値（ $TOUT$ VAL ）を判別する。信号発生手段は、 $TOUT$ VAL に基づいて、物体または身体の一部が他の物体と接触または近接するON状態と、物体または身体の一部が他の物体と接触または近接していないOFF状態を示す信号を発生する。

10

【0022】

第2の態様では、本発明は、他の物体と接触または近接する物体または身体の一部の存在を感知する方法で実現される。この方法は、接地に対し静電結合され、静電容量が物体または身体の一部と導体との近さに応じて変化するスクープキャパシタを形成する第1の導体により実施される。スクープキャパシタの最大容量よりも大きな容量を持つパケットキャパシタを形成する第2の導体と第3の導体のペアが実現され、入力しきい値スイッチも実現される。スクープキャパシタおよびパケットキャパシタのうち少なくとも1つを電圧源に接続して少なくとも1つのキャパシタを充電し、パケットキャパシタの電荷を反復可能な非ゼロ基準レベルに設定し、スクープキャパシタの相対的サイズに関してパケットキャパシタの電荷を基準レベルから変化させ、パケットキャパシタの電圧を入力しきい値スイッチに印加することを選択的に行うためのスイッチングを実行する。入力しきい値スイッチの入力状態が検出される。入力しきい値スイッチの遷移が検出されたことに対応してパケットキャパシタの電荷が変化するサイクル数に関する値（ $TOUT$ VAL ）が判別される。 $TOUT$ VAL に基づいて、物体または身体の一部が他の物体と接触または近接するON状態と、物体または身体の一部が他の物体と接触または近接していないOFF状態を示す信号を発生する。

20

【0023】

上述した本発明のその他の目的、特徴及び利点は、添付されている図面とともに提示されている好ましい実施形態についての以下の詳細から明らかであり、また完全に理解されるであろう。

30

【0024】

【課題を解決するための手段】

本発明の静電容量感知システム及びその方法は、コンピュータ入力デバイス、特にワイヤレスオプティカルトラックマウス内の応用例に関して説明している。ただし、本発明は潜在的にかなり広い範囲にわたる應用を持つことは理解されるであろう。本発明の静電容量感知システムは、パワーマネジメント機能に限られるわけではなく、むしろ他の物体と接触または近接している物体または身体の一部の有無を判別することが望まれる実質的にどのようなデバイス（データ入力デバイスなどの手段）でも実装できる。これには、他のさまざまな種類の近接センサが使用されている多数のアプリケーション、例えば、トイレの送水弁作動、水栓および噴水式飲料水供給装置、自動ドア制御システム、警報システム、セキュリティロックシステム、および安全保護装置システム（例えば、工業機器用）などが含まれる。

40

【0025】

本明細書で使用している「他の物体と接触または近接している」という表現は、局在する物体の一部だけでなく物体全体も意味し、互いに連動する複数のセンサを使用することを意味することは理解されるであろう。したがって、例えば、本発明の静電容量感知システム及びその方法は、測定目的および／または位置依存データ入力、インターフェイスまたはその他の機能を実行する目的で複数のセンサにより実装することができる。このような機能として、例えば、タッチパッドおよびタッチストリップ機能、さらに、さまざまなコ

50

ンピュータ／ユーザインターフェイス機能があり、例えば、2001年3月9日に出願された米国出願番号09/804496号に開示されている。

【0026】

【発明の実施の形態】

本発明のパワーマネジメント機能の態様には、さまざまな種類のユーザ操作データ入力デバイス、例えば、ホストコンピュータへの携帯型および非携帯型、ワイヤレスおよび有線、自給式および周辺機器における有用な応用がある。本発明には、要求があったときにすぐに使用できるように間欠的に使用され、一般的には長時間にわたってつけっぱなしにするバッテリ式デバイス（これに限られるわけではない）の特に有用な応用がある。このようなデバイスには（これに限られるわけではないが）、ポータブルコンピュータ、パーソナルデータアシスタント（PDA）、タブレットコンピュータ、携帯電話、ポケットベル、およびワイヤレスコンピュータおよびゲーミング周辺機器、例えば、マウス、キーボード、ゲームパッド、およびハンドヘルドデジタイジングペンがある。

【0027】

図1は、本発明による感知システムを組み込むことができるマウスの例の回路を示す図である。マウスは、表面オプティカルトラッキングシステムを採用するワイヤレスマウスである。制御論理回路は、台湾のSunPlus Technology Company, Ltd. of Hsinchu社の制御用集積回路（IC）1、例えば、SunPlus SPMC02Aマイクロプロセッサ（μP）、または特定用途向け集積回路（ASIC）をファームウェアとして実装することができる。システムに供給される電力を管理するほかに（例えば、2 AA電池3により）、μP 1はマウスの信号処理および出力機能を実行し、RF送信機5を介したホストコンピュータへのデータパケットのワイヤレス送信を制御する。

【0028】

光コントローラIC7は、オプティカルトラッキングエンジンの一部をなし、トラッキング可能面（例えば机上）に光を当てるために使用するLED光源9の照明を制御する。IC7は、トラッキング可能面から反射された光を受信するイメージ検出器10（IC7の一部として含まれる）から受信した信号を処理する。イメージは、IC7で空間的相関を使用して相対的変位値をピクセルまたはサブピクセル間隔で判別することにより処理される。IC7では、相対的変位値のストリームをμP 1に伝達し、信号をさらに処理してデータパケットにし、これをホストコンピュータが使用し、表示されるマウスカーソルの移動を制御する。μP 1はマウスのRF送信セクション5を制御し、データパケットをホストコンピュータに送信する。

【0029】

図2は、本発明のシステムが適用されるマウスとともに使用するコンピュータ11の機能ブロック図である。マウス13は、図2からわかるように、右ボタン15と左ボタン17を備え、さらにそれらの間に押せる、回転可能なスクロールホイール19が配置されている。明らかに、マウス13では、アクチュエータを増やしたり（親指作動ボタン、または指作動ボタンを増やす）、アクチュエータを減らしたり（1ボタンまたは2ボタンのみにするなど）、または違う種類のアクチュエータ（トリガ、ローラーなど）を備えたりできる。それらの代わりに、マウス13をトラックボールデバイスなどの別の種類のカーソル制御（ポインティング）デバイスにすることもできる。コンピュータ11は、マウスドライバ21、オペレーティングシステム23、メッセージファクトリシージャ25、フォークスアプリケーション27を備えるファームウェアおよび/またはソフトウェアを含む。コンピュータシステム11の入力デバイス13の動作をよく理解できるように、そのシステムのコンポーネントを図3に示されているようなマウスパケットデータ構造に関連して説明する。もちろん、データ構造内のデータ部分または異なるデータの再配列を使用できることは理解されるであろう。例えば、異なるアクチュエータを使用する場合、データ構造もそれに依りて変わる。

【0030】

10

20

30

40

50

マウスメッセージを開始するには、ユーザはまずマウス１３を操作する。この操作に基づき、マウス１３はシリアルインターフェイス７５に渡される、操作イベントを示すマウスパケットを生成する。シリアルインターフェイス７５がマウスパケットを受信すると、マウスパケット内のシリアル情報を一組のパラレルパケットに変換し、それらのパラレルパケットをマウスドライバ２１に送る。マウスドライバ２１は、従来の方法で操作イベントに基づいてマウスメッセージを作成する。

【００８１】

次に、マウスメッセージはオペレーティングシステム２８に送信される。オペレーティングシステム２８には、Microsoft "WINDOWS (登録商標)" オペレーティングシステム、例えば "WINDOWS NT (登録商標)"、"WINDOWS 95 (登録商標)"、"WINDOWS 98 (登録商標)"、"WINDOWS 2000 (登録商標)"、または "WINDOWS XP (登録商標)" がある。もちろん、IBM Corporation の OS/2、UNIX (登録商標)、Linux、または Apple のオペレーティングシステム、さらには Wind River, Inc. が販売しているようなさまざまな組み込み型アプリケーション用オペレーティングシステムなど他のオペレーティングシステムも使用できる。オペレーティングシステム２８は、一連のマウスメッセージフックアロシージャ (mouse message hook procedures) ２５を識別するマウスメッセージフックリストを含む。オペレーティングシステム２８がマウスドライバ２１からマウスメッセージを受信すると、マウスメッセージフックリストを調べて、マウスメッセージフックアロシージャがオペレーティングシステム２８にそれ自体で登録されているかどうかを調べる。少なくとも１つのマウスメッセージフックアロシージャがオペレーティングシステム２８に登録されている場合、オペレーティングシステム２８はマウスメッセージをリスト上に最初に出現する登録されているマウスメッセージフックアロシージャ２５に渡す。

【００８２】

呼び出されたマウスメッセージフックが実行され、値がオペレーティングシステム２８に返され、この値による指示で、オペレーティングシステムはマウスメッセージを次の登録されているマウスメッセージフックに渡す。

【００８３】

例えば、マウスメッセージは、コンピュータ１１内で現在フォーカスが置かれているウィンドウを「所有する」アプリケーションに対するコマンドを表す。その場合、メッセージフックアロシージャ２５は、コマンドをフォーカスウィンドウアプリケーション２７に発行する。応答として、フォーカスウィンドウアプリケーション２７が目的の機能を実行する。

【００８４】

メッセージフックアロシージャ２５がフォーカスアプリケーション２７にコマンドを発行した後、メッセージフックアロシージャ２５はメッセージ連鎖からメッセージを削除してマウスメッセージを消費する。これは、オペレーティングシステムに対して他のメッセージフックアロシージャにマウスメッセージを渡さないよう指示する値をオペレーティングシステム２８に返すことで実行する。

【００８５】

図８は、本発明のシステムが適用される表面オフティカルトラッキングマウス７７を示す一部ブロック形式で、一部概略図形式の詳細図である。マウス７７はハウジング７９、電磁放射線源 (LED などの光源でもよい) ８１、ハウジング７９の下部に定められているアパーチャ８３、第１のオフティカルカメラ８５、第２のオフティカルカメラ８７、イメージまたはパターン検出器８９、コントローラ９１、および電流ドライバ９３を備える。図８では、作業面９２に関して支持されているオフティカルマウス７７が示されている。パターンまたはイメージ検出器８９は、電磁放射線が当たりパターンまたはイメージを示す信号を与えることにより伝達される情報からイメージまたはパターンを検出することのできる適当な検出器であればどのようなものでもよい。パターン検出器８９は、例えば、

10

20

30

40

50

以下で詳しく説明しているような人工網膜パターン検出器 (artificial retina pattern detector) とすることができ、

【0086】

すでに述べているように、光源 81 は、パターンまたはイメージに当てるための放射線を提供するのに使用することができ、パターン検出器 89 によって検出することが可能な適当な電磁放射線源であればどのようなものでもよい。図 3 に示されている一実施形態で、光源 81 は LED 95 および一体型レンズ 97 を備える。光源 81 は、例えば、表面実装 LED や低級レーザー (ナノメートル範囲の波長) でもよい。

【0087】

LED 95 から放出された放射線は、一体型レンズ 97 (LED 95 のケーシングと一体になっているガラスあるいはプラスチック製のドーム型透明光学部品として示されている) を通して伝達され、これがオプティカルカプラ 85 に当たる。以下で詳しく説明するよう、オプティカルカプラ 85 は LED 95 から放出された放射線を集めて整形する。放射線はオプティカルカプラ 85 から出て、ハウジングのオーバーチャ 88 を通り、作業面 92 に当たる。作業面 92 は、所定のパターン、テクスチャ、またはイメージを伴う表面であってもよい。光は作業面 92 から反射されて、オプティカルカプラ 87 に向かう。オプティカルカプラ 87 は、図 3 からわかるように、表面 92 から反射された放射線をイメージ検出器 (例えば、人工網膜) 89 に向けて集束し、そこを焦点とするレンズを備える。

【0088】

イメージ検出器 89 は、作業面 92 から反射された放射線に基づき、作業面 92 上のイメージまたはパターンを表すイメージ信号を発生する。イメージ信号がコントローラ 91 に送られ、このコントローラ 91 は、イメージ信号に基づいて位置情報を計算する。この位置情報は、例えば、上述した特許文献で説明しているような方法で、作業面 92 に関するマウス 77 の移動を示す。位置情報は情報パケットの形でコントローラ 91 によって送られ、さらにケーブル、または赤外線、超音波、無線周波 (RF) リンクなどのワイヤレス送信リンクを通じてコンピュータ 11 に送信することができ、コントローラ 91 によって送られる位置情報は、ユニバーサルシリアルバス (USB)、FireWire (商標)、I²C、P82、ECP、および EPP インターフェイス形式などの従来のシリアルまたはパラレルインターフェイス形式に従って送ることができる。

【0089】

上述のように、イメージ検出器 89 は人工網膜でもよい。三菱電機製の適当な人工網膜は可変感度光検出器 (VSPD) の二次元アレイであり、動作の仕組みは知られている。簡単に言うと、VSPD は半絶縁 GaAs 層 (P-n-p 構造) (semiconductor GaAs layer) (P-n-p structure) 上に集積され、分離されているダイオードのペアを並べたものである。一実施形態では、このアレイは 82 × 82 要素のアレイであるが、目的に応じて大きくも小さくもできる。光検出器の電流は、印加される電圧の符号と大きさに左右される。このような VSPD はアナログメモリ効果を示し、光書き込みパルスが存在するときに電圧がかけられると導電性情報が記憶される。この情報を取り出すには、光読み出しパルスを入力する。

【0040】

さらなる例として、イメージ検出器 89 は、カリフォルニア州パロ・アルトの Apple Inc. 社から市販されているオプティカルトラッキング IC、例えば、ADNS 2030 および 2050 IC の一部として提供できる。また、関連するイメージ処理コンポーネント (例えば、LED 光源およびオプティカルカップリングアッセンブリ) が Apple Inc. から市販されており、単独で、またはオプティカルトラッキングマウスの設計での使用を対象とするオプティカルトラッキングエンジンキットの一部として利用することができる。

【0041】

このようなデバイスのイメージ処理は、光マトリックスベクトル乗算 (optical

10

20

30

40

50

matrix-vector multiplication) またはその近似計算に基づく。入力イメージが重み付けマトリックス (weight matrix) としてデバースに投射される。VSPD はすべて、行に沿って接続された 1 本の電極を備え、感度制御ベクトル (sensitivity control vector) を出力する。したがって、VSPD 感度は、特定の範囲内の各行で任意の値に設定できる。さらに、残りの VSPD 電極は列に沿って接続され、重み付けマトリックスに感度制御ベクトルを掛けたマトリックスベクトル積により定義される出力電流ベクトルを生成する。

【0042】

図 8 の実施形態では、イメージ検出器 89 は、コントローラ 91 により制御され、エッジ抽出演算 (edge extraction operation) を実行する。2 つの隣接する検出器行の感度は、+1 および -1 にそれぞれ設定されるが、他の感度はすべて 0 に設定される。この実施形態では、出力電流は 2 つの能動行の光度の差に比例する。制御電圧パターンを循環シフトすること (0、+1、-1、0、0 など)、入力イメージの水平エッジを感知する。このようにして、システムは逐次的かつセミパラレルモード (semiparallel mode) で動作する。

【0043】

図 8 の実施形態では、マウス 77 はさらに、光源 81 に結合されている電流ドライバ 93 を備える。この配列では、コントローラ 91 を光源 81 によって生成される放射線の強度を周期的に感知し、電流ドライバ 93 を通じて光源 81 に送られる電流を調整するように構成することができる。つまり、感知された強度が望む範囲よりも低い場合、コントローラ 91 はフィードバック信号を電流ドライバ 93 に送り、光源 81 に送る電流を高くし、光源 81 から放出される電磁放射線の強度を上げることができる。一方、放射線の強度が望む範囲よりも高い場合、コントローラ 91 はフィードバック信号を電流ドライバ 93 に送って光源 81 に送られる電流を小さくし、それにより光源 81 から放出される放射線の強度を下げるることができる。こうすることによって、反射されたイメージ情報の信号対雑音比を最大にすることができる。また、本発明のパワーマネジメントシステムおよび方法に加えて、マウス 73 の全体的な電力消費量を低減する手段としても使用できる。

【0044】

コントローラ 91 がイメージ検出器 89 からイメージ信号を受信し、そのイメージ信号を処理して位置情報を生成する方法に関する詳細は、上述した特許文献 1 に記載されている。これらの詳細は、本発明の静電容量感知システムには直接には関係しない (また、それを理解する上で必要なわけでもない)。ただし、このような信号処理では従来の光電磁エンコーグホイールシステム (通常 1 ~ 2 mA) に比べて相当な電力 (通常 20 ~ 30 mA) を消費することに留意されたい。オプティカルトラッキングシステムの光源を駆動するためにもさらに電力が必要である。

【0045】

すでに述べているように、本発明の静電容量感知システムが適用されるマウスは、ホストコンピュータとのワイヤレス (例えば、RF または赤外線) データリンクを備えることができる。マウス 99 および受信機 101 を備えているこのようなシステムは、図 4 に示されている。受信機 101 は、ユニバーサルシリアルバス (USB) ケーブルでパーソナルコンピュータ 103 に接続された RF 受信機である。マウス 99 は、RF 送信機を組み込んでおり、すでに説明したようにオプティカルトラッキングシステムを組み込むことができる。マウス 99 は、通常の方法で使用でき、例えば、ユーザはマウスを平たい表面 (平面) 上に移動してコンピュータの画面上でカーソルを動かし、画面上のカーソルの動作を従来の「ポイント&クリック」方式で制御することができる。ユーザがマウス 99 を移動し、ボタンをクリックすると、マウス 99 はこの活動を表す 2 進データを生成し、そのデータをバケットにカプセル化して、無線周波 (RF) 信号として受信機 101 に送信する。RF 送信は、知られている方法で実行することができるが、その詳細は本発明の送信システムを理解する上で必要というわけではない。受信機 101 がマウス 99 を認識すると、2 進データをコンピュータ 103 に送信する。すると、コンピュータはそのデータに反応し

10

20

30

40

50

、例えば、カーソルを画面（モニタ）105上へ移動する。

【0046】

通常、AAアルカリ電池を2つ使ってマウス99に電力を供給するが、容量は約2500mAhである。限られたバッテリー電力を節約するために（例えば、特許文献6参照）によるパワーマネジメントシステムを使用して、使用中でないときにマウスの電源を切ることができる。システムの一部として、本発明による静電容量感知機能の新規性のあるシステム及び方法を利用する接触／近接センサを採用して使用度を示すことができる。

【0047】

本発明の静電容量感知システムでは、導体とデバイス接地との間の容量が相対的に増大すること、他の物体と接触または近接する物体または身体の一部が存在することが示される。ユーザ操作データ入力デバイスに適用すると、システムはデバイスに接触または近接するユーザの手またはその他の動作手段（例えば、ペン型データ入力デバイスのペン）の有無を知らせることができる。マウス99に適用すると、静電容量感知システムは、マウス99に接触または近接するユーザの手の存在を感知する。

【0048】

センサプレートとその周囲にあるもの（相対的デバイス接地）との間に形成される比較的小さなキャパシタのサイズが変化すると、電荷移動手法により検出され、この手法では、A/Dコンバータなどによる大きな処理能力を必要とする（かつ比較的低速な）容量測定が避けられる。同様に、スクープキャパシタの電荷をより大きな（「バケット」）キャパシタに繰り返し溜め込んで、バケットキャパシタを「満杯にする」のに必要な「スクープ」の数を数えることにより、小さな（「スクープ」）キャパシタの相対的サイズの変化を調べることができる。「スクープ」キャパシタは、例えば、ユーザの手が接触または近接することによって変調される。マウスにユーザの手が近いほど、スクープキャパシタの見かけのサイズは大きくなる。「バケット」を一杯にするのに要する「スクープ」の数を数えることにより、ユーザの手がマウスに接触したり離れたりするときの手の近さの変化によって開始する容量変化を検出することができる。

【0049】

本発明は、バケットキャパシタを「満杯にする」のに要する「スクープ」の物理的カウントを測定するのにかかる時間とエネルギーを低減するシステムと方法を実現することにより、上述した特許文献6の開示に基づいている。このアルゴリズムの効率を改善し、その改善結果を利用して、このアルゴリズムが採用されている製品のバッテリー寿命を延ばすことができる。

【0050】

上述した特許文献6では、人間の手が近づくことで発生する環境静電容量の変化を検出する方法とシステムについて説明しており、これにより、マウス、キーボードなどが使用中でないときに大電流システム、例えば、トラッキングシステムを「オフ」にすることで省電力を図ることができる。この状態の判別には、マイクロプロセッサの一連の周期的動作がかかわり、検出間隔で大きな電流が引き込まれる。タッチシステムが作動する毎に、0ボルトから内部コンパレータによって決定された任意のしきい値まで「バケット」キャパシタが充電されると、カウントが発生するため、この間隔は、比較的長い。本発明の発明者は、代表的なシステムのカウントは100またはそれ以上まで累計されるが、「接触」イベントと「非接触」イベントとの差はこの値を中心に±5カウントの範囲でのみ有意であることを理解していた。感知目的では、注目している領域がこの差であって、最終的な数まで上がってゆくカウントの連続ではない。本発明によれば、検出シーケンスの開始時に回復可能なオフセット電荷をバケットキャパシタに注入する。このようなオフセットにより、カウント範囲をバケットキャパシタに誘起されるオフセット電荷に比例する量だけ低減することができる。

【0051】

本発明の実施形態によれば、図5を参照すると、抵抗器（例えば、30kΩ）またはその他のインピーダンス素子184をμP1の未使用のピンまたはマルチファンクションピ

10

20

30

40

50

ンに配線すること、ポートピンが電圧源として機能するマイクロプロセッサが検出サンプリング間隔の前にバケットキャパシタ188に電流を注入することができる。抵抗器の代わりに、インピーダンス184を、バケットキャパシタ、またはフリチャージの移動元の他のキャパシタにフリチャージを「フライバック(flyback)」するのに使用されるインダクタとすることもできる。さらに、外部インピーダンス素子を省いて、μP1のポートピンを、バケットキャパシタを繰り返し可能なレベルまでフリチャージする、決定論的時間の間電流ソースとして設定することもできる。

【0052】

ピンが抵抗器を通してバケットキャパシタを充電する電圧源として設定された場合、電荷注入は印加される電圧持続時間、抵抗値、およびバケットキャパシタの値の関数として変化する。フリチャージは繰り返し可能にすることができ、理論上、I/Oセルのしきい値レベルよりも下の電圧を発生する任意のレベルに設定できる。しかし、実用上は、シリコン製造に使用する加工プロセスが約±12%であるためI/Oセルのしきい値レベルには不確実性がある。その上、一般に、クロックタイミングにはある程度変動がつきものである。バケットキャパシタおよびスクーフキャパシタの容量もまた変化し、さらに10%ほど加わると思われる。さらに、スクーフキャパシタの電荷変動にはカウントに影響を及ぼす環境要素がある。これらのプロセス変動の発生源を考慮したうえで、バケットキャパシタの公称「容量」の約2/3以下のフリチャージを選択して安全マージンを維持するのが望ましく、その際に、関連するマイクロプロセッサまたはASICの平均検出しきい値を考慮する。

【0053】

各サンプル(カウント)設定は100~110カウントではなく、例えば、20または30カウントまで累計できる。サンプリング時間は、以前に必要だった時間の1/4に短縮される。非オフセットシステムの「接触」値は100カウントで、非接触値は110であると仮定する。この場合、その結果得られるカウントの約10%が手の存在を解決するために使用される=10/100。そこで、手の存在で20カウントまで累計し、手が存在していないときに30カウントまで累計するオフセットシステムを考察する。この場合、差は10/20または50%である。サンプリングサイクル間隔の間隔を100ms、サンプリング時間を5ms、総電流引き込みは2mA(ハンドオフ)と仮定すると、総電力引き込みは平均100μAから33μAに低減される。この例で達成される総節電量は3:1(ハンドオフ)で、この比は、サンプリング周期(頻度)を高めて応答性を改善できるため変更できる。カウント総数は20~30の範囲に減らせるため、決定の質に影響を及ぼす外部雑音振動の可能性も小さくできる。外部過渡イベントは普通に発生し、カウントの数に影響を及ぼすことがある。検出期間が短いほど、「正しい答えを求められる」可能性が高まる、つまり、エラーマージンが向上する。

【0054】

オフセット電荷を使用すると、検出サンプリングを実行する時間および電力要件に関して有利である。これらの利点は、手/物体検出および非接触関連の環境容量変動の分解能を向上する(粒度を上げる)ことができる、したがって、雑音に対するシステム感度を減少できる。例えば、このために、バケットキャパシタのサイズを4.7nFから7.5nFに上げて、カウント間隔を30(接触)から45(非接触)までの範囲とする。バケットキャパシタのサイズを大きくすることに対応して、バケットキャパシタが電圧源と抵抗器により充電される場合、抵抗値は同じだけで、例えば、20kΩまで下げるのが好ましい。この場合、節電は約2:1に下がるが、接触検出の粒度は50%向上する(10から15カウントまで)。このような粒度増大は、例えば、手の接近と実際の接触状態との判別を行うのに役立ち、これを使用してパワーマネジメントまたはその他の機能を実行することができる。一実施例では、電力効率を保持しながらデバイス応答性を改善するために、他のコンポーネント(電源投入に時間がかからない)が実際の手の接触が検出されるまで電源が投入されないうちに、手の接近を検出した後いくつかのデバイスコンポーネントの電源投入プロセスを開始するのが望ましいことがある。

10

20

30

40

50

【0055】

上述のように、外部抵抗器またはその他のインピーダンスを使用する代わりに、μP 1の関連するI/Oポートの内部限流（電流ソース）機能を使用し、電源投入のタイミングを慎重に決める。通常、I/Oポートのインピーダンスは、FETソースまたはシンクインピーダンスとして100Ωのオーダーであるが、ソースインピーダンスは幾分動的であり、非線形である。知られているように、ICを製作するために使用するプロセスを慎重に制御することにより、これらのFETを限流源として使用可能にできる。この機能を備えるマイクロプロセッサは市販されている。ASIC構成では、これらのI/O FETにバイアスをかけて、比較的正確な電流を供給することができる。そこで小電流ソースなどの単純なデジタルカウンタを有限の制御可能な時間の間オンにし、決定論的なクロン数の電荷をバケットキャパシタに注入する。それとは別に、本質的に同じ結果が、直列につないだインダクタなどの同調回路、またはキャパシタ付きのフライバックを使用し、時間間隔を短くすることを得られる。

【0056】

第1の実施形態では、本発明は、「スクープ」キャパシタ181を順次充電し、比較的大きな好ましくは固定サイズのバケットキャパシタ183に排出することによって動作する。バケットキャパシタ183は、例えば、静電容量Cが4.7nFであるが、スクープキャパシタの静電容量は15から45pFの範囲で変化する。注入/排出プロセスは、バケットキャパシタ183が「満杯」になるまで続けられる。マウスと接触または近接するユーザの手の有無を示す、スクープキャパシタ181のサイズの増加は、バケットを一杯にするまでにどれだけの「スクープ」が必要だったかで決定できる。この一般のプロセスは、上述した特許文献6で説明しているのと同じである。

【0057】

しかし、本発明のケースでは、このアルゴリズムは、「スクープ」をカウントする前にバケットを満杯にならない程度に「注入する」ことにより修正される。このようにして、「スクープ」の数を減らす。

【0058】

図1及び図5に示されているように、好ましい実施形態では、μP 1の3つのI/OピンA、B、およびCを使用して、注入、排出（電荷移動）、および入力しきい値スイッチサンプリング動作を制御する。ピンCは、抵抗器（またはその他のインピーダンス）184を通じて、ピンAに接続される。他の方法では、上述のように、インピーダンス184の代わりに内部電流ソースを使用することもできる。明らかに、他のハードウェア/ソフトウェア/ファームウェア配置を利用して、ファームウェアでプログラムされたμP 1の代わりに回路ディスクリート素子またはASICの配置を含む、同じまたは類似の結果を得ることができる。ファームウェア制御のもとで以下のステップをμP 1で実行できる。

【0059】

ステップ1：μPがピンA、B、およびCをグラウンドにクランプし、バケットキャパシタ183を放電する。カウンタ=0。

a. ピンAをハイインピーダンスに設定する。

b. ピンCを1または正電圧に設定する。充電抵抗器またはソースインピーダンスを通して、有限の電荷をバケットキャパシタ183に注入する。電荷は、バケットキャパシタを「満杯にする」のに必要な値よりも小さくなるように選択する。総電荷は、正の電圧、充電時間、およびバケットキャパシタ183に接続されているピンCとピンAの間の直列インピーダンスの関数として変化する。（ASIC実装などの内部電流ソースの場合、総電荷は電流ソースの値とアクティベーション時間の関数として変化する）。

c. ピンBおよびピンCをハイインピーダンスに設定する。

【0060】

ステップ2：ピンBがまだハイインピーダンス入力（浮動状態）に設定されている場合、ピンAを高に設定し、スクープキャパシタを充電する（バケットキャパシタ183を充電

10

20

30

40

50

せずに)。

【0061】

ステップ3: ビンAをハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定し、ビンBをローインピーダンス入力に設定し、スクープキャパシタ181からパケットキャパシタ183に電荷を排出する。

【0062】

ステップ4: カウンタ=カウンタ+1(スクープを1つカウントする)。

【0063】

ステップ5: ビンA(まだハイインピーダンス入力状態)をサンプリングし、入力高しきい値(パケットの「満杯」状態を示す)を交差したかどうかを調べる。そうまなければ、

10

ステップ2へ5を繰り返す。

【0064】

ステップ6: アルゴリズムは完了するが、カウンタ値はスクープキャパシタの相対的サイズに反比例する。カウンタ値が低いほど、スクープキャパシタの静電容量は大きくなる。カウンタ値は、電流接触値($T_{ouch} \quad V_{al}$)として直接使用するか、または平均化して新しい接触読み取り値にする、例えば、 $T_{ouch} \quad V_{al} = (T_{ouch} \quad V_{al} + \text{カウンタ}) / 2$ とするが、この場合、 $T_{ouch} \quad V_{al}$ は移動平均値である。

【0065】

そこで、電荷移動の各サイクルに続いて(パケットキャパシタを繰り返し可能な非ゼロ基準電荷まで初期充電した後)、 μP 1の入力しきい値スイッチ、例えば、ビンAに接続されているCMOSTランジスタをチェックして、しきい値(例えば、 $1/2 \quad V_{cc} = 1.55V \pm 20\%$)に達したかどうかを判別する。そうなったら、これはパケットキャパシタが「満杯」であることを示す。チェック毎にカウンタがインクリメントされ、しきい値電圧を超えるまでインクリメントが続けられる。カウント関係値($T_{ouch} \quad V_{al}$)が所定のしきい値カウンタ値(好ましくは説明する方法で動的に調整する)以下になるとマウスに手を置いた(または接近させた)と判別される。前述の接触オン(ON)または接触オフ(OFF)信号がこの決定に基づいて発生する。

20

【0066】

これまでに説明したように、 $T_{ouch} \quad V_{al}$ はカウンタ値または移動平均カウンタ値である。しかし、その代わり $T_{ouch} \quad V_{al}$ はカウンタに関係する他の変数、例えば、入力高しきい値に達するのに必要な電荷移動のサイクル数の代用指示($Prox \quad indication$)となる時間値とすることもできることは理解されるであろう。

30

【0067】

上述した方法の「低側」のバリエーションでは、ビンBがハイインピーダンス入力に設定されるときにビンBで(ビンAではなく)サンプリングが実行される。代表的コントローラのCMOSTランジスタしきい値スイッチは、高〜低遷移点と幾分異なる電圧で低から高に遷移する。この違いを利用して、カウンタ値のさまざまな分解能を得ることができる。「低側」バリエーションを実行する際に、 μP 1は以下のステップを実行する。

【0068】

ステップ1: μP 1がビンA、B、およびCをグラウンドにクランプし、パケットキャパシタ183およびスクープキャパシタ181を放電する。カウンタ=0。

40

a. ビンAをハイインピーダンスに設定する。

b. ビンCを1または正電圧に設定する。充電抵抗器またはソースインピーダンスを通して、有限の電荷をパケットキャパシタに注入する。電荷は、パケットキャパシタを「満杯にする」のに必要な値よりも小さくなるように選択する。総電荷は、正の電圧、充電時間、およびパケットキャパシタに接続されているビンCとビンAの間の直列インピーダンスの関数として変化する。(AS1C実装などの内部電流ソースの場合、総電荷は電流ソースの値とアクティベーション時間の関数として変化する)。

c. ビンBおよびビンCをハイインピーダンスに設定する。

【0069】

50

ステップ2:ビンBがまだハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定されている場合、ビンAを高く設定し、スクープキャパシタを充電する(バケットキャパシタ183を充電せずに)。

【0070】

ステップ3:ビンB(まだハイインピーダンス入力状態)をサンプリングし、入力低い値(バケットの「満杯」状態を示す)を交差したかどうかを調べる。交差している場合、ステップ(7)に進む。交差していない場合、ステップ4に続く。

【0071】

ステップ4:ビンAをハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定し、ビンBをローインピーダンス入力に設定し、スクープキャパシタ181からバケットキャパシタ183に電荷を排出する。

【0072】

ステップ5:カウンタ=カウンタ+1(スクープを1つカウントする)。

【0073】

ステップ6:ステップ2～5を繰り返す。

【0074】

ステップ7:アルゴリズムは完了するが、カウンタ値はスクープキャパシタの相対的サイズに反比例する。カウンタ値が低いほど、スクープキャパシタの静電容量は大きくなる。カウンタ値は、電流接触値($T_{ouch} \quad V_{al}$)として直接使用するか、または平均化して新しい接触読み取り値にする、例えば、 $T_{ouch} \quad V_{al} = (T_{ouch} \quad V_{al} + \text{カウンタ}) / 2$ とするが、この場合、 $T_{ouch} \quad V_{al}$ は移動平均値である。

【0075】

図5の回路配置により実施できる他の実施形態では、 $T_{ouch} \quad V_{al}$ はスクープキャパシタ181を通じてバケットキャパシタ183を(充電ではなく)排出するのに必要な複数のサイクルを表すことができる。また、類推により、このバケットは最初に「満杯」にされており、その後、スクープ毎に空にし、この操作をバケットキャパシタの電荷が「空」になった、つまり低い値レベルよりも小さくなったことを示す低い値低(または高)電圧が検出されるまで続ける。この他の実施形態を実施する際に、μP 1は以下のステップを実行することができる。

【0076】

ステップ1:μP 1はビンAを高くし、ビンBを低くして、バケットキャパシタを充電し、ビンCをハイインピーダンスに設定する。

a. ビンAをハイインピーダンスに設定する。

b. ビンCを0またはグラウンド電圧に設定する。放電抵抗器またはソースインピーダンスを通して、有限の電荷をバケットキャパシタから排出する。電荷は、バケットキャパシタを「空にする」のに必要な値よりも小さくなるように選択する。総電荷は、正の電圧、放電時間、およびバケットキャパシタ183に接続されているビンCとビンAの間の直列インピーダンスの関数として変化する。(ASIC実装などの内部電流シンクの場合、総電荷は電流シンクの値とアクティベーション時間の関数として変化する)。

c. ビンBおよびビンCをハイインピーダンスに設定する。

【0077】

ステップ2:ビンBをハイインピーダンス入力(浮動状態)の設定のままにしながらビンAをローインピーダンスにし、スクープキャパシタ181の電荷をグラウンドに排出する(バケットキャパシタ183の電荷は排出しない)。

【0078】

ステップ3:ビンAをハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定し、ビンBをローインピーダンス入力に設定して、バケットキャパシタ183からスクープキャパシタ181に電荷を移動する。

【0079】

ステップ4:カウンタ=カウンタ+1(スクープを1つカウントする)。

30

40

50

【0080】

ステップ5：ビンA（まだハイインピーダンス入力状態）をサンプリングし、入力低い値（バケットの「空」状態を示す）を交差したかどうかを調べる。そうまなければ、ステップ2～5を繰り返す。

【0081】

ステップ6：アルゴリズムは完了するが、第1の実施形態のように、カウンタ値はスクープキャパシタの相対的サイズに反比例する。カウンタ値が低いほど、スクープキャパシタの静電容量は大きくなる。Total Valは、カウンタ値自体、カウンタ値の移動平均、またはカウンタ値に他の手段で関連付けられている値、例えば、対応する時間値に設定することができる。

【0082】

ステップ1での電荷の極性を反転し、ビンBを高レベルに、ビンAを低レベルにして、バケットキャパシタを充電する。この場合、ステップ5でビンAをサンプリングして、入力高い値と交差したかどうかを調べる。

【0083】

第1の「バケット満杯」の実施形態と同様に、ビンBがハイインピーダンス入力に設定されたときに、上の「バケットを空にする」実施形態のビンBで（ビンAではなく）サンプリングが実行される。このバリエーションを実行する際に、μP 1は以下のステップを実行する。

【0084】

ステップ1：μP 1はビンAを高にし、ビンBを低にして、バケットキャパシタ183を充電し、ビンCをハイインピーダンスに設定する。

a. ビンAをハイインピーダンスに設定する。

b. ビンCを0またはグラウンド電圧に設定する。放電抵抗器またはソースインピーダンスを通して、有限の電荷をバケットキャパシタから排出する。電荷は、バケットキャパシタを「空にする」のに必要な値よりも小さくなるように選択する。総電荷は、正の電圧、放電時間、およびバケットキャパシタ183に接続されているビンCとビンAの間の直列インピーダンスの関数として変化する。（ASIC実装などの内部電流シンクの場合、総電荷は電流シンクの値とアクティベーション時間の関数として変化する）。

c. ビンBおよびビンCをハイインピーダンスに設定する。

【0085】

ステップ2：ビンBをハイインピーダンス入力（浮動状態）の設定のままにしながらビンAをローインピーダンスにし、スクープキャパシタ181の電荷をグラウンドに排出する（バケットキャパシタ183の電荷は排出しない）。

【0086】

ステップ3：ビンB（まだハイインピーダンス入力状態）をサンプリングし、入力高い値（バケットの「空」状態を示す）を交差したかどうかを調べる。交差している場合、ステップ7に進む。交差していない場合、ステップ4に続く。

【0087】

ステップ4：ビンAをハイインピーダンス入力（浮動状態）に設定し、ビンBをローインピーダンス入力に設定して、バケットキャパシタ183からスクープキャパシタ181に電荷を移動する。

ステップ5：カウンタ=カウンタ+1（スクープを1つカウントする）。

ステップ6：ステップ2～5を繰り返す。

【0088】

ステップ7：アルゴリズムは完了するが、第1の実施形態のように、カウンタ値はスクープキャパシタの相対的サイズに反比例する。カウンタ値が低いほど、スクープキャパシタの静電容量は大きくなる。Total Valは、カウンタ値自体、カウンタ値の移動平均、またはカウンタ値に他の手段で関連付けられている値、例えば、対応する時間値に設定することができる。

10

20

30

40

50

【0089】

ステップ1での電荷の極性を反転し、ピンBを高レベルに、ピンBを低レベルにして、パケットキャパシタを充電する。この場合、ステップ3でピンAをサンプリングして、入力低しきい値と交差したかどうかを調べる。

【0090】

図5の回路配置により実施できるさらに他の実施形態では、Touch Valは直列に接続されているパケットキャパシタ183とスクーフキャパシタ181に電圧を加えてパケットキャパシタ183を「満杯にする」のに必要な複数のサイクルを表すことができる。この場合、パケットキャパシタ183の電荷がサイクル毎に増えるが、この増大はスクーフキャパシタ181の相対的サイズにより調整される。この他の実施形態を実施する際に、μP 1は以下のステップを実行することができる。

【0091】

ステップ1: μP 1がピンA、B、およびCをグラウンドにクランプし、パケットキャパシタ183およびスクーフキャパシタ181を放電する。カウンタ=0。

a. ピンBをハイインピーダンスに設定する。

b. ピンCを1または正電圧に設定する。充電抵抗器またはソースインピーダンスを通して、有限の電荷をパケットキャパシタに注入する。電荷は、パケットキャパシタを「満杯にする」のに必要な値よりも小さくなるように選択する。総電荷は、正の電圧、充電時間、およびパケットキャパシタ183に接続されているピンCとピンBの間の直列インピーダンスの関数として変化する。(ASIC実装などの内部電流ソースの場合、総電荷は電流ソースの値とアクティベーション時間の関数として変化する)。

c. ピンAおよびピンCをハイインピーダンスに設定する。

【0092】

ステップ2: ピンAがまだハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定されている間、ピンBを高に設定すると、これらパケットキャパシタとスクーフキャパシタが直列になる。同じ電流が両方のキャパシタに流れ、スクーフキャパシタが満杯になると、電流がパケットキャパシタとスクーフキャパシタの両方に流れるのが停止する。

【0093】

ステップ3: ピンBをハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定し、ピンAをローインピーダンス入力に設定し、(パケットキャパシタを放電せずに)スクーフキャパシタを放電して、再び注入されるようにする。

【0094】

ステップ4: カウンタ=カウンタ+1 (スクーフを1つカウントする)。

【0095】

ステップ5: ピンB(まだハイインピーダンス入力状態)をサンプリングし、入力高しきい値(パケットの「満杯」状態を示す)を交差したかどうかを調べる。交差している場合、ステップ6に進む。交差していなければ、ステップ2~5を繰り返す。

【0096】

ステップ6: アルゴリズムは完了するが、カウンタ値はスクーフキャパシタの相対的サイズに反比例する。カウンタ値が低いほど、スクーフキャパシタの静電容量は大きくなる。カウンタ値は、電流接触値(Touch Val)として直接使用するか、または平均化して新しい接触読み取り値にする、例えば、 $\text{Touch Val} = (\text{Touch Val} + \text{カウンタ}) / 2$ とするが、この場合、Touch Valは移動平均値である。

【0097】

上述の他の実施形態の「低側」のバリエーションでは、ピンAがハイインピーダンス入力に設定されるときにピンAで(ピンBではなく)サンプリングが実行される。このバリエーションを実行する際に、μP 1は以下のステップを実行する。

【0098】

ステップ1: μP 1がピンA、B、およびCをグラウンドにクランプし、パケットキャパシタ183およびスクーフキャパシタ181を放電する。カウンタ=0。

10

20

30

40

50

a. ビンBをハイインピーダンスに設定する。

b. ビンCを1または正電圧に設定する。充電抵抗器またはソースインピーダンスを通して、有限の電荷をバケットキャパシタに注入する。電荷は、バケットキャパシタを「満杯にする」のに必要な値よりも小さくなるように選択する。総電荷は、正の電圧、充電時間、およびバケットキャパシタに接続されているビンCとビンBの間の直列インピーダンスの関数として変化する。(ASIC実装などの内部電流ソースの場合、総電荷は電流ソースの値とアクティベーション時間の関数として変化する)。

c. ビンAおよびビンCをハイインピーダンスに設定する。

【0099】

ステップ2: ビンAがまだハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定されている間、ビンBを高く設定すると、これらバケットキャパシタとスクープキャパシタが直列になる。同じ電流が両方のキャパシタに流れ、スクープキャパシタが満杯になると、電流がバケットキャパシタとスクープキャパシタの両方に流れるのが停止する。

【0100】

ステップ3: ビンA(まだハイインピーダンス入力状態)をサンプリングし、入力低い値(バケットの「満杯」状態を示す)を交差したかどうかを調べる。交差している場合、ステップ7に進む。交差していない場合、ステップ4に続く。

【0101】

ステップ4: ビンBをハイインピーダンス入力(浮動状態)に設定し、ビンAをローインピーダンス入力に設定し、(バケットキャパシタを放電せずに)スクープキャパシタを放電して、再び注入されるようにする。

【0102】

ステップ5: カウンタ=カウンタ+1(スクープを1つカウントする)。

【0103】

ステップ6: ステップ2~5を繰り返す。

【0104】

ステップ7: アルゴリズムは完了するが、カウンタ値はスクープキャパシタの相対的サイズに反比例する。カウンタ値が低いほど、スクープキャパシタの静電容量は大きくなる。カウンタ値は、電流接触値(Touch Val)として直接使用するか、または平均化して新しい接触読み取り値にする、例えば、Touch Val=(Touch Val+カウンタ)/2とするが、この場合、Touch Valは移動平均値である。

【0105】

さらに述べたように、接触(ON)および非接触(OFF)信号は、カウント関連値(Touch Val)が所定のしきい値カウント値よりも小さいかどうかを直接判別することに基づいて発生することができ、雑音と非接触関連環境変化に強い接触/近接または非接触/近接フラグ(ON/OFF)を判別し出力する機能を高めた感知アルゴリズムについて、図8を参照して説明することにする。このアルゴリズムは、上述した特許文献8で説明している感知アルゴリズムに対応している。

【0106】

便宜上、以下のアルゴリズムの説明では「接触」、「接触している」などの用語を使用して、接触および/または近接の動作を意味することにする。接触フラグONは、アルゴリズム(ステートマシン)がSetOn状態187またはSetOnPos状態189であるときにセットされ、SetOff状態191およびSetOffPos状態193であるときにクリアされる。この接触アルゴリズムは定期的に、上記のカウントアルゴリズムを使用して新しい接触値(Touch Val)を読み取る。感知アルゴリズムで使用する変数のリストを以下に示す。

【0107】

Touch Val 電流接触読み取り値(上のカウントアルゴリズムからの結果)。

Touch Off 電流OFFしきい値。

Touch Avg ON状態のときに、「SetOff」状態に入るために比較で使用する

10

20

30

40

50

する 過された(疑似平均)値を保持する(以下参照)。

Touch Count いろいろな接触状態で使用する 過するカウント値。

【0108】

接触アルゴリズムの取る状態は以下の4種類がある。

SetOff: ユーザは接触しておりず、アルゴリズムはONになるのを待つ。「SetOn」状態(以下参照)に入る際のチェックがここので行われる。

【0109】

SetOffPos: ユーザは接触しておりず、Touch Val > Touch Off 値である。この状態は、フィルタであり、徐々にTouch Off を上げてゆく。

【0110】

SetOn: ユーザは接触しており、アルゴリズムは「SetOff」状態になるのを待っている。

【0111】

SetOnPos: ユーザは接触しており、Touch Val > Touch Avg である。この状態は、フィルタであり、徐々にTouch Avg を上げてゆく。「SetOff」状態に入る際のチェックがここので行われる。

【0112】

図6を参照して、接触アルゴリズムの動作は次のようにまとめることができる。Touch Val が Touch Off よりも所定の値(例えば、2カウント以上)だけ下がるとステートマシンがSetOff状態191からSetOn状態187に移す。過された(疑似平均)接触値(Touch Avg)がTouch Off 以上になるとステートマシンがSetOn状態187からSetOff状態191に移す。Touch Val が Touch Avg を超える毎に、状態SetOnPos 189に入り、そこで、最初に例えば、4に設定されたカウンタがデクリメントされる。Touch Val が Touch Avg よりも高いまま、カウンタが0までデクリメントされると、Touch Avg の値はTouch Avg + 1にインクリメントされる。Touch Avg は、Touch Val が Touch Avg 以下になり、SetOffからSetOnへの状態遷移した後、Touch Val にリセットされる。

【0113】

しきい値カウント値Touch Off は、以下のようにして動的に調整するのが好ましい。バッテリー8を最初に装着したときに、接触状態アルゴリズムをSetOn状態に初期化するのが好ましい。Touch Val は、現在の接触読み取り値に設定され、初期Touch Off 値は最大カウンタ値255に設定される。Touch Val は通常最大値に到達することはないので、これにより、図6のステートマシンがマウス活動なしのタイムアウト(例えば、180秒経過)によりSHUTDOWN状態に移すまで、接触アルゴリズムは強制的にSetOn状態にとどまることになる。このときに、Touch Off は上述の方法で求められるTouch Avg にリセットされる。好ましくは、この状態からSHUTDOWNへの遷移により、Touch Off が現在のTouch Avg に設定するのが好ましい。このときに、システムでは一般に、手が存在していないものと正しく想定できる。

【0114】

SetOff状態191のときに、Touch Val がTouch Off の現在値を超えるとき、状態SetOffPos 193に入り、そこで、最初に例えば8に設定されたカウンタがデクリメントされる。Touch Val がTouch Off よりも高いまま、カウンタが0までデクリメントされると、Touch Off の値はTouch Off + 1にインクリメントされる。SetOnPosからSetOffに状態遷移した後(Touch Avg がTouch Off 以上になったときに発生する)Touch Off はTouch Avg にリセットされる。SetOff状態191で、Touch Off は、現在の接触読み取り値(Touch Val)がフリセットされている制御サイクル数(例えば、100サイクル)の間にTouch Off をちょうど下回る(例えば、

10

20

30

40

50

$Touck\ Off-2 \leq Touck\ Val < Touck\ Off$ 毎に1だけデクリメントされる。

【0115】

以下では、好ましい状態、および状態遷移条件について詳述する。

【0116】

SetOn状態187

$Touck\ Val$ が $Touck\ Av\theta$ 未満であれば、 $Touck\ Av\theta$ は現在の接触読み取り値に設定される（状態変化なし）。

【0117】

$Touck\ Val$ が $Touck\ Av\theta$ を超える場合、カウンタ $TCount$ は4に初期化され、ステートマシンはSetOnPos状態189に遷移する。

【0118】

SetOnPos状態189

$Touck\ Val$ が $Touck\ Av\theta$ 未満の場合、 $Touck\ Av\theta$ は $Touck\ Val$ に設定され、ステートマシンはSetOn状態187に遷移する。

【0119】

$Touck\ Val$ が $Touck\ Av\theta$ を超える場合、 $TCount$ はデクリメントされ、カウンタ=0（4つの連続する $Touck\ Val$ 読み取り値 $> Touck\ Av\theta$ ）であれば、 $Touck\ Av\theta$ がインクリメントされる。この状態を使用して、接触読み取り値の低速フィルタを実行すると、瞬間的な降下で必要もないのにに接触ステートマシンがSetOff状態191になるという事態が起きなくなる。

【0120】

$Touck\ Av\theta \geq Touck\ Off$ であれば、ステートマシンはSetOff状態191に遷移し、別のカウンタ $OffCnt$ （ $TCount$ と同じレジスタを使用できる）は100に設定される。 $Touck\ Off$ は $Touck\ Av\theta$ に設定される。

【0121】

SetOff状態191

$Touck\ Val > Touck\ Off$ の場合、ステートマシンはSetOffPos状態198に遷移し、カウンタ $TCount$ は8に初期化される。

【0122】

$Touck\ Val < (Touck\ Off-2)$ の場合、ステートマシンはSetOn状態に遷移し、 $Touck\ Av\theta$ は $Touck\ Val$ に初期化される。

【0123】

$Touck\ Val < Touck\ Off$ かつ $\geq (Touck\ Off-2)$ の場合、カウンタ $OffCnt$ はデクリメントされる。 $OffCnt=0$ であれば、 $Touck\ Off$ はデクリメントされ、 $OffCnt$ は100にリセットされる。これは、低い $Touck\ Off$ 値が学習される場合である（つまり、マウスが静電容量の高い環境に移動したとき）。マウスのステートマシンがSHUTDOWN状態165に入り、ステートマシンがSetOff状態191に設定されると、 $Touck\ Off$ は $Touck\ Av\theta$ に設定される。

【0124】

SetOffPos状態198

$Touck\ Val > Touck\ Off$ の場合、 $TCount$ はデクリメントされる。 $TCount=0$ であれば、 $Touck\ Off$ はインクリメントされ、 $TCount$ は8にリセットされる。これは、高い $Touck\ Off$ 値が学習される場合である（つまり、マウスが静電容量の小さい環境に移動したとき）。

【0125】

$Touck\ Val \leq Touck\ Off$ の場合、 $OffCnt$ は100に設定され、ステートマシンはSetOff状態に遷移する。

【0126】

10

20

30

40

50

好ましい実施形態とその実施例に関して本発明を説明した。特許請求の範囲とその観点に基づき他にさまざまな実施形態、修正、およびバリエーションが考えられることは、本発明の開示を検討することで、当業者には明白であらう。特許請求の範囲では、明細書中に現れているアルゴリズム変数にラベルを使用しているが、これは便宜上であり、明確にするためであって、制限する意図はない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による静電容量感知システムを採用する表面ワイヤレスオフティカルトラッキングマウスの電気回路のブロック図である。

【図 2】本発明のシステムが適用されるホストコンピュータおよび関連するカーソル制御デバイスの機能ブロック図である。

【図 3】本発明の静電容量感知システムが適用されるオフティカルトラッキングマウスの例の概略図である。

【図 4】RF送信機/受信機のペアによってホストコンピュータにリンクされた、本発明の静電容量感知システムが適用されるワイヤレスマウスの概略図である。

【図 5】本発明による静電容量感知システムの回路図である。

【図 6】図 5 に示されているような回路で静電容量感知機能を実行する、本発明による論理の流れおよび制御の例を示すステートマシン図である。

【符号の説明】

1 制御用集積回路 (IC)

5 RF送信機

7 光コントローラ IC

9 LED光源

10 イメージ検出器

11 コンピュータ

13 マウス例

15 右ボタン

17 左ボタン

19 回転可能なスクロールホイール

21 マウスドライバ

23 オペレーティングシステム

25 メッセージファックプロシージャ

27 フォーカスアプリケーション

75 シリアルインターフェイス

77 表面オフティカルトラッキングマウス

79 ハウジング

81 電磁放射線源

81 光源

83 アパーチャ

85 第1のオフティカルカメラ

87 第2のオフティカルカメラ

89 イメージまたはパターン検出器

91 コントローラ

93 電流ドライバ

92 作業面

95 LED

97 一体型レンズ

99 マウス

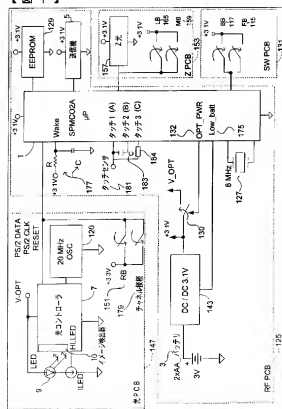
101 受信機

103 パーソナルコンピュータ

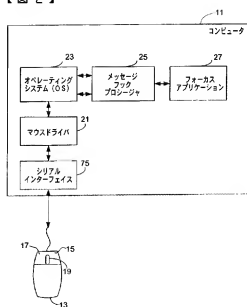
105 画面 (モニタ)

- 181 「スcoop」キャパシタ
 183 パケットキャパシタ
 184 インピーダンス素子

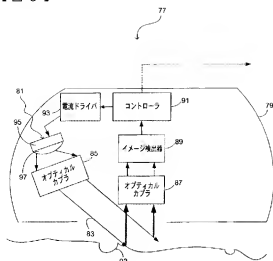
【図1】



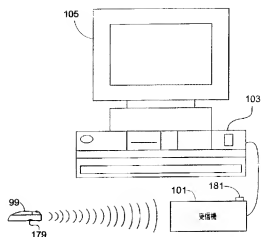
【図2】



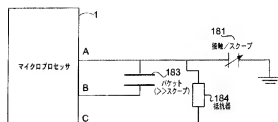
【 例 3 】



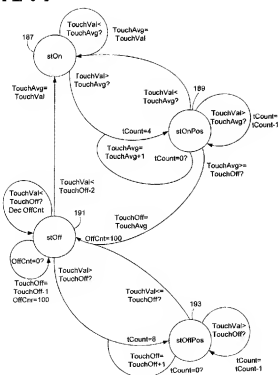
【圖 4】



【图 5】



【图 6】



フロントページの続き

(72)発明者 ケーリー エス. レンズパーガー

アメリカ合衆国 98052 ワシントン州 レッドモンド 162 アベニュー ノースイースト 5001

(72)発明者 スティーブン エヌ. パシチェ

アメリカ合衆国 98052 ワシントン州 レッドモンド ノースイースト 60 13783
ナンバー127

(72)発明者 ミハイ アルビュレット

アメリカ合衆国 98052 ワシントン州 レッドモンド 178 コート ノースイースト
9709

Fターム(参考) 5B087 AA03 BB08 DG02